МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН

ИНФОРМАТИКА: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Материалы
XXII Международной
научно-практической конференции
им. Э. К. Алгазинова

Воронеж,
10-12 февраля 2022 г.

Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж
ООО «ВЭЛБОРН»
2022

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22
И74

Оргкомитет:

Сопредседатели:

Ендовицкий Д. А. – ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Салогубова Н. В. – руководитель Департамента образования, науки и молодежной политики Воронежской области.

Заместители председателя:

Чупандина Е. Е. – первый проректор – проректор по учебной работе, д. фарм. н., профессор;

Козадеров О. А. – проректор по науке, инновациям и цифровизации, д. х. н., доцент;

Зацаринный А. А. – зам. директора федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, д. т. н., профессор;

Крыловецкий А. А. – декан факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, к.ф.-м.н., доцент;

Борисов Д. Н. – заведующий кафедрой информационных систем Воронежского государственного университета, к.т.н., доцент;

Митрофанов А. Ю. – ректор ГБУ ДПО ВО «Институт развития образования им. Н. Ф. Бунакова».

Члены комитета:

Бойченко И. А., Вахтин А. А., Даньшин Б. И., Меркулов М. С., Соломатин Д. И., Таратухин В. В., Федоров М. Г., Шаров Ю. Н., Швырева А.В.

Программный комитет:

Артемов М. А., Кунаковская Л.А., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запрягаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В., Шашкин А. И.

И74 Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII международной научно-практической конференции / под редакцией Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 10-12 февраля 2022 г. – Воронеж : «ВЭЛБОРН», 2022. – 1589 с.

ISBN 978-5-6045486-4-6

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XXII Международную научно-практическую конференцию «Информатика: проблемы, методы, технологии», проводимой Воронежским государственным университетом.

Сборник предназначен для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22

© ФГБОУ ВО ВГУ, 2022
© ВЭЛБОРН, 2022

ISBN 978-5-6045486-4-6

Пленарные доклады

Моделирование в цифровых проектах АПК

Ф. И. Ерешко, email: fereshko@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *Приводится обзорное авторское представление о трансформациях идей и практик управления в современных условиях формирования моделей цифровой экономики и информационного обеспечения в агропромышленном комплексе. Рассматриваются вопросы моделирования экономических механизмов и поддержки принятия решений на разных уровнях управления АПК России. Анализируется инструментарий поддержки принятия решений. Предложена система математических моделей, обеспечивающих целостную и взаимоувязанную поддержку принятия решений в АПК России.*

Ключевые слова: *АПК, экономический механизм, цифровая платформа, поддержка принятия решений, теория игр, исследование операций, операционная игра, сценарное моделирование.*

Введение

Настоящая работа продолжает выступления автора на февральских Конференциях в ВГУ.

В 2020 г. был представлен доклад: Ерешко Ф.И. Математические модели при обустройстве цифровых платформ. Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии». Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. С. 1355-1374. ISBN 978-5-6042216-9-3 (РИНЦ) https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42952105

Ссылка на сайт: https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2020/Proceeding_IPMT_2020.pdf

В 2021 году: Ерешко Ф.И., Мушков А.Ю. Математическое моделирование в стратегическом планировании развития ОПК. Пленарный доклад. Материалы XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронежский государственный университет, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – С. 14-42. ISBN 978-5-6045486-2-2.

Наконец, в этом году, предметом исследований выступает аграрно-промышленный комплекс.

© Ерешко Ф. И., 2022

Настоящее исследование направлено на разработку теоретико-методических проблем инструментального обеспечения для принятия решений в социально-экономических системах, в которых сочетается директивные управление и рыночные механизмы, централизация и децентрализация.

Стержневым тезисом в работах проходит мысль, что разработки систем регулирования, стратегий управления, должны опираться на системный анализ и математическое моделирование. Автор ориентируется на собственный опыт и на вдохновляющий пример Учителя академика Моисеева Н. Н. [1] по открытию и расчёту эффекта «ядерной зимы» на основе построения моделей движения воздушных масс над земной и водной поверхностью. Его расчёты показали, что разрушение столиц северного полушария ядерными взрывами погрузит полушарие на 25-50 лет в арктические температуры, жизнь на территории будет уничтожена.

Данный вычислительно-аналитический результат остановил мировую гонку ядерных вооружений и препятствует её началу пока до сих пор, став общемировым императивом сдерживания.

Значительное влияние на современные разработки оказывает масштабное направление цифровизации экономики в целом, , позволяющее надеяться на широкое использование цифровых данных и алгоритмов. В настоящее время основной тренд в экономическом развитии определяется оцифровкой технологий и систем управления.

Некоторые разделы работы соответствуют проведенным в 2020-2022 гг. прикладным научным исследованиям и экспериментальным разработкам (далее – «ПНИЭР»), заданным проектом Минобрнауки в рамках мероприятия: “Создание и развитие научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего» по приоритету научно-технологического развития «Высокопродуктивное и экологически чистое агро- и аквахозяйство, создание безопасных, качественных и функциональных продуктов питания»” (уникальный идентификатор проекта: 00600/2020/51896). В частности, были сформулированы и выполнены задачи ФИЦ ИУ РАН (руководитель работ проф. Будзко В.И.) по теме: НАИМЕНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ – НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ на 2021 г.

В рамках направления проводится научное исследование «Исследование и разработка Цифровой платформы для управления АПК России (ЦПУ АПК)», и поставлены задачи получить технические решения построения ЦПУ в части автоматизации процессов планирования и мониторинга исполнения планов участников производства и реализации продукции АПК, в том числе:

1. проекта архитектуры ЦПУ;
2. методики формирования и архитектуры баз данных и знаний с определением источников их наполнения;
3. моделей и методов формирования планов сельхозпроизводителем, осуществления постоянного мониторинга в реальном масштабе времени их исполнения и корректировки на основе анализа всей совокупности данных о текущей обстановке и сложившихся условиях.

В дальнейшем изложении используются фрагменты работ [4-7]

Специфика хозяйственной деятельности в АПК определяется преимущественным распространением рыночных механизмов, в отличие от функционирования ОПК, где определяющим является плановое директивное управление.

Данные обстоятельства предопределяет особенности использования математического аппарата. Для автономности изложения приведём описание механизмов управления, каждый из которых характерен для специфики экономических отношений: для ОПК адекватен Механизм первого типа, для АПК Механизм второго типа.

1. Механизмы иерархических систем.

Настоящее изложение исследует вопрос о целесообразности децентрализации управления в зависимости от объема доступной оперирующей стороне информации о «внешней среде». Принципиален вопрос о наличии неопределённостей, который возникает при принятии решений, и эффективность управления оценивается максимальным гарантированным результатом оперирующей стороны [1-3].

В работе используются аналитические конструкции теории иерархических игр, в которых учитывается асимметрия в принятии решений. В рамках этой теории в качестве основных характеристик иерархических систем рассматриваются: наличие выделенного участника (Центра) системы, обладающим правом первому выбирать стратегию в зависимости от имеющейся или предполагаемой информации о действиях подчиненных звеньев управления, и сообщать ее нижнему уровню, Центр осуществляет выбор, опираясь на принцип наибольшего гарантированного результата. Ставится задача об отыскании наилучшего поведения центра с учетом активного поведения подчиненных систем, стремящихся к достижению собственных целей, действуя в рамках правил, устанавливаемых центром.

Основные математические конструкции соответствуют положениям информационной теории иерархических систем академика Н. Н. Моисеева и профессора Ю. Б. Гермейера [2, 3], строятся модели принятия

решений с иерархической структурой, широкий спектр которых был разработан в ВЦ ФИЦ ИУ РАН

Пусть П0 (центр) стремится к достижению наибольшего значения критерия эффективности $f_0(x,u)$, где выбор центра:

$u=(u_1,u_2,...u_n)$, $u_i \in U_i$, $u \in U$, $U=U_1 \times U_2 \times \cdots \times U_n$,

и выборы подсистем $x_i \in X_i$, $x=(x_1,...,x_n)$.

Подсистемы нижнего уровня иерархии стремятся к увеличению критериев эффективности $f_i(x_i,u_i)$, $i=1,2,...,n$, $x_i \in X_i$, предполагаем их непрерывными на произведении компактов $U, X_1 \times \cdots X_n$.

Рассмотрим несколько ситуаций информированности центра и покажем, каким образом формируются механизмы централизованного управления подсистемами.

Механизмы 1-го типа (прямые). Центр не рассчитывает на информацию о выборах подсистем или не имеет возможности ее обработать. Тогда его механизм управления состоит в назначении конкретных значений $u \in U$ и сообщении их подсистемам.

Наилучшие значения управляющих переменных определяются из решения задачи

$$G_1 = \sup_{u \in U} \min_{x_i \in B_i^1(u_i)} f_0(x,u),$$

где B_i^1 – множество оптимальных откликов подсистем

$$B_i^1 = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i,u_i) = \max_{y_i \in X_i} f_i(y_i,u_i) \right\}.$$

Такими механизмами управления прямого типа являются: назначение плановых заданий, распределение ресурсов, назначение цен, квот, и других ограничений на производство.

Механизмы 2-го типа (с обратной связью). Центр рассчитывает на информацию о выборах подсистем в момент выбора собственной стратегии и формулирует механизм как функции $\tilde{u}_i = u_i(x_i)$. Тогда

$$B_i^2(\tilde{u}_i) = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i,u_i(x_i)) = \sup_{y_i \in X_i} f_i(y_i,\tilde{u}_i) - \delta_i(\tilde{u}_i) \right\},$$

$$\delta_i(\tilde{u}_i) \geq 0,$$

и наибольший гарантированный результат центра равняется

$$G_2 = \sup_{\tilde{u} \in \tilde{U}} \inf_{x_i \in B_i^2(\tilde{u}_i)} f_0(x,\tilde{u}),$$

при этом $\delta_i(\tilde{u}_i) = 0$ тогда и только тогда, когда достигается $\max\limits_{y_i \in X_i} f_i(y_i, \tilde{u}_i)$

.

Такими механизмами являются: тарифные сетки, правила поощрений и штрафных санкций, налоговая политика, механизмы стимулирования.

Во многих случаях оптимальный механизм 2-го типа имеет разрывный характер

$$u_i(x_i) = \begin{cases} u_i^{\varepsilon}, \ x_i = x_i^{\varepsilon} \\ u_i^{'}(x_i), \ x_i \neq x_i^{\varepsilon} \end{cases}$$

где $u_i^{'}(x_i)$ определяется из условия минимизации критерия *i*-й подсистемы $\min\limits_{u_i \in U_i} f_i(x_i, u_i)$ и являются по сути "наказывающей" ветвью механизма. Величина поощрения u_i^{ε} подсистем, удовлетворяющая центр, определяется из условия

$$\sup_{(x_i, u_i) \in D_i} f_0(x, u),$$

$$D_i = \left\{ x_i \in X_i, \ u_i \in U_i \mid f_i(x_i, u_i) > \max_{x_i \in X_i} \min_{u_i \in U_i} f_i(x_i, u_i) \right\},$$

где величина $L = \max\limits_{x_i \in X_i} \min\limits_{u_i \in U_i} f_i(x_i, u_i)$ гарантируется подсистемами во всяком случае.

Эта особенность механизма 2-го типа (наличие ветвей поощрения и угрозы наказания) широко используется при конструировании моделей с иерархической структурой.

Механизмы 3-го типа (с двойной обратной связью). Центр рассчитывает на информацию о функции $\tilde{x}_i = x_i(u_i)$. Механизм управления центра – функционал $\tilde{\tilde{u}}_i = u_i(\tilde{x}_i)$. Если $x_i(u_i)$ – производственная функция подсистемы, связывающая выпуск продукции с выделенным ресурсом u_i выбором которой распоряжается подсистема, то механизм управления – это правило выделения конкретного объема ресурса u_i в зависимости от способа его использования, при выдачи кредита может быть обусловлена программа его использования.

Множество откликов подсистем определяется в виде

$$B_i^3\left(\tilde{\tilde{u}}_i\right)=\left\{\tilde{x}_i\in\tilde{X}_i \mid \ f_i\left(\tilde{x}_i,\tilde{\tilde{u}}_i\right)=\sup_{y_i\in\tilde{X}_i} f_i\left(y_i,u_i\left(y_i\right)\right)-\delta_i\left(\tilde{\tilde{u}}_i\right)\right\},$$

$$\delta_i\left(\tilde{\tilde{u}}_i\right)\geq 0,$$

и наибольший гарантированный результат центра равняется

$$G_3=\sup_{\tilde{\tilde{u}}\in\tilde{\tilde{U}}}\ \inf_{\tilde{x}_i\in B_i^3\left(\tilde{\tilde{u}}_i\right)} f_0\left(\tilde{x},\tilde{\tilde{u}}\right),$$

при этом $\delta_i\left(\tilde{\tilde{u}}_i\right)=0$ тогда и только тогда, когда достигается $\max\limits_{y_i\in\tilde{X}_i} f_i\left(y_i,u_i\left(y_i\right)\right)$.

К механизмам данного типа относятся процедуры кредитования.

Показано, что с точки зрения результата центра все многообразие механизмов (в смысле глубины рекурсии при их определении) исчерпывается тремя перечисленными, поскольку $G_{2k}=G_2$, $G_{2k+1}=G_3$, для всех $k=2,3,\ldots$ и кроме того $G_2\geq G_3\geq G_1$. Отсюда следует, что центру во всех случаях, когда это возможно, следует стремиться к реализации механизма с обратной связью, как наиболее выгодному [2,3].

Перечисленные стратегии управления Центра – назначение цен или пределов их изменения, распределение ресурсов, установление пределов изменения характерных параметров подсистем, сложные стратегии – тарифы, штрафы, поощрения как функции конкретных выборов подсистем широко используются в задачах управления системами.

В качестве примера, иллюстрирующего постановки теоретико-игровых задач, приведем ситуацию, связанную с выбором налоговых политик. Проблема при выборе состоит в следующем: если уменьшить налоговое бремя, то увеличится ли собираемость налогов? Здесь центральный вопрос – неопределенность с точки зрения Центра в поведении экономического объекта – при облегчении налогов уменьшится ли сокрытие?

Как только налоговые политики подразделяются на федеральные и региональные (совокупность которых в целом регулирует производственную деятельность экономических систем), то возникает проблема описания усложненной налоговой политики со стороны государства, т.е. стратегий государства относительно налоговой политики регионов (Механизм 3-го типа).

2. Характеристика АПК

Для агропромышленного комплекса характерно наличие биологических процессов, как составных компонентов технологий. Одна

из теоретических и прикладных проблем состоит в разработке процедур оцифровки параметров процессов такой природы с целью получения нормативных данных, пригодных для использования в задачах описания динамики биологических процессов и оценки последствий целенаправленных действий на биологический объект управления.

Вследствие такой особенности процессов при управлении системами в агропромышленном комплексе необходимо учитывать неконтролируемые факторы, которые являются следствием природных воздействий на биологические системы.

Наряду с этим необходимо также учитывать неопределённости экономического характера, являющиеся следствием волатильности спроса на аграрную продукцию.

Сложность описания данных управляемых процессов проявляется в учёте динамики изменения фазовых переменных состояния, и в описании критериев оценки целенаправленных действий.

3. Акторы, структура и система управления АПК России

При рассмотрении вопросов управления прежде всего необходимо определить Систему действующих экономических агентов (акторов) [4, 5]

Акторы агропромышленного комплекса России – действующие лица, имеющие свои интересы в АПК в целом, с учётом их взаимодействия.

Важнейшим ресурсом сельского хозяйства является земля, поэтому естественно начать с описания земельных отношений.

Указ Президента РФ «О неотложных мерах по земельной реформе в РСФСР» от 27 декабря 1991 года и Постановление Правительства РФ «О порядке реорганизации колхозов и совхозов» от 29 декабря 1991 года определили направления реорганизации сельхозпредприятий и приватизации земли: передача земли и средств производства в собственность трудовых коллективов сельскохозяйственных предприятий; раздел этих фондов на индивидуальные паи, раздел земли на земельные доли; перерегистрация хозяйств в одну из организационно-правовых форм, разрешенных соответствующим законодательством того периода.

За 1992–1994 годы работники сельскохозяйственных предприятий, сельские пенсионеры и работники социальной сферы получили около 12 млн. земельных долей, которые представляют собой права долевой собственности на переданные сельскохозяйственным предприятиям земельные участки. В собственность граждан было передано 138 млн. га. Кроме того, 43,6 млн. граждан получили участки для ведения личного

подсобного хозяйства, коллективного садоводства и огородничества, индивидуального жилищного и дачного строительства.

На 1 января 2020 года площадь земель сельскохозяйственного назначения составила 381,7 млн. га.

Площадь земельных участков, предоставленных в собственность крестьянским (фермерским) хозяйствам, для ведения личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, животноводства, индивидуального жилищного и дачного строительства составила 26,3 млн. га.

В России около 35 млн. садоводов и дачников.

В России насчитывается 168 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, занимающихся производством сельскохозяйственной продукции, общая площадь земельных участков, используемая и предназначенная для этих целей, составляла более 41 млн. га.

В настоящее время имеется около 40 тысяч сельскохозяйственных организаций, из которых около 6 тысяч – малые предприятия и 24,6 тыс. – микропредприятия.

Рынок сельскохозяйственных земель можно разделить по продаваемым правам на рынок прав собственности на земельные участки, рынок прав аренды и рынок земельных долей.

Рынок земельных участков последние два года растет, прежде всего, за счет активной скупки земельных участков крупными компаниями. Цена приобретения ориентировочно равна 50-100% кадастровой стоимости участков. Рынок аренды земельных участков состоит из двух секторов: аренда государственных и муниципальных земель и аренда частных земель, находящихся, главным образом, в долевой собственности. Примерная цена аренды колеблется в диапазоне 4-6% кадастровой стоимости.

Рынок земельных долей постепенно убывает по объему. Земельные доли приобретаются чаще всего арендаторами земельных участков, находящихся в долевой собственности. Ориентировочная цена – 15% кадастровой стоимости земли.

В результате развития земельного рынка в начале 2000-х годов появились агрохолдинги, владеющие сотнями тысяч гектар земли.

30 крупнейших агрохолдингов владеют 7,5 млн. га или примерно 10% посевных площадей страны.

Сельскохозяйственные организации и хозяйства населения (личные подсобные хозяйства) производят около 4,8 трлн. руб. стоимости продукции сельскохозяйственного производства. На растениеводство приходится 2,5 трлн. руб., а на животноводство 2,3 трлн. руб.

Сельскохозяйственные предприятия производят продукции на 2,6 трлн. руб., хозяйства населения – 1,6 трлн. руб., фермеры – 0,6 трлн. руб. (данные 2020 года).

Россия имеет хорошо развитое сельское хозяйство, которое производит ежегодно более 130 млн. т зерна, свыше 48 млн. т сахарной свеклы, 31 млн. т картофеля, 16 млн. т овощей, 11 млн. т подсолнечника. Производится свыше 11 млн. т мяса скота и птицы, 31 млн. т молока, 43 млрд. ед. яиц.

Это позволяет обеспечивать, по состоянию на 2015 г., до 99% потребности населения страны в зерне, 84% – в растительных маслах, 84% – сахаре, 97% – картофеле, 81% – молоке и молокопродуктах, 85% – мясе и мясопродуктах.

Таким образом, в стране достигнут достаточно высокий уровень продовольственной безопасности, по большинству позиций превосходящий целевые показатели Доктрины продовольственной безопасности РФ.

В 2020 году экспорт продовольствия составил 30,0 млрд. долл.

На отрасли, обеспечивающие сельское хозяйство, приходится около 3,3 трлн. руб. добавочной стоимости.

Отрасль сельскохозяйственного машиностроения насчитывает несколько сотен активно работающих предприятий (в государственном реестре 2000 юридических лиц).

Россия обладает уникальной сырьевой базой, позволяющей выпускать весь спектр минеральных удобрений.

Отрасли, обеспечивающие сельское хозяйство, активно взаимодействуют с сельскохозяйственными предприятиями. Поскольку у средних и малых предприятий не хватает оборотных средств поставки топлива, удобрений, средств защиты поставляется в рамках товарного кредита, который погашается после сбора урожая часто в натуральном выражении.

Это пример одного из рыночных механизмов.

Производственно-экономическая система АПК России подразделяется на 4 основные сферы.

1-я – отрасли промышленности, специализирующиеся на обеспечении сельского хозяйства необходимыми материальными ресурсами: сельскохозяйственной техникой, оборудованием, минеральными удобрениями и т.д. Продукция этих отраслей составляет около 25% в себестоимости сельскохозяйственной продукции и около 1,7% ВВП.

2-я – отрасли сельского хозяйства, занимающие в АПК центральное место, производящие продукты питания и сельскохозяйственное сырьё

для производства других товаров. Доля (в %) сельского хозяйства России снижалась: в ВВП с 16,4 в 1990 до 4,2 в 2015; в численности занятого населения – с 12,9 до 8,2; в инвестициях в основной капитал – с 15,9 до 3,7; в стоимости основных фондов – от 11,4 до 2,8, соответственно (для сравнения: доля сельского хозяйства в ВВП США – 0,9%, других развитых стран – 1–2%.

3-я – пищевая и перерабатывающая промышленности, производящие из сельскохозяйственного сырья продукты питания и другие товары. Её доля в ВВП страны – примерно 2,4%.

4-я – отрасли экономики, обеспечивающие продвижение продуктов питания и товаров из сельскохозяйственного сырья до потребителя. В неё входят оптовая и розничная торговля, транспортировка и хранение продукции, консалтинговые, маркетинговые и рекламные услуги. На долю этой сферы приходится около 7,8% ВВП.

Отрасли АПК, производящие и поставляющие конечному потребителю продукты питания, объединяют в агропродовольственный сектор, в котором выделяют продуктовые подкомплексы: зерновой, картофельный, свеклосахарный, плодоовощеконсервный, виноградно-винодельческий, мясной, молочный, масложировой. Продукция этих подкомплексов выходит на одноимённые продуктовые рынки.

К четвертой сфере АПК относят услуги, в основном, по продвижению товаров на агропродовольственные рынки. Доля этой сферы АПК по добавочной стоимости составляет примерно 7,8% ВВП или 9 трлн. руб.

Оптовая и розничная торговля. Торговля является ведущей отраслью экономики России. На ее долю приходится 16% ВВП страны (13,4 трлн. руб.). В торговле официально работает примерно 11,5 млн. человек (около 18% работающих), и число работающих в этой отрасли растет.

Хранение. Элеваторы и зернохранилища. Сейчас в России насчитывается порядка тысячи элеваторов. По оценке Российского зернового союза, суммарная ёмкость мощностей для хранения зерна составляет в настоящее время 118 млн. тонн.

На долю крупнейших агрохолдингов, владеющих элеваторными мощностями, приходится только около 25% общего количества элеваторных мощностей по стране.

Научные, образовательные, агрохимические и мелиоративные услуги в АПК.

4. Государственное регулирование на базе цифровых технологий

Регулирование агропродовольственных рынков – важнейшая составляющая современной агропродовольственной политики. Это регулирование выполняется на двух уровнях: верхнем – государственном,

и на нижнем – уровне производителей сельскохозяйственной продукции. На верхнем уровне действуют таможенные тарифы, тарифные квоты, налоги на экспорт продовольственных товаров и, наоборот, стимулирование экспорта, закупочные и товарные интервенции [4,5]. Регулирование финансовой стабильности на уровне производства осуществляется другими механизмами.

Сельскохозяйственное производство – одно из рискованных видов производств. Это прежде всего характерно для растениеводческой отрасли, где нестабильность урожайности выращиваемых культур и цен реализации выращенной продукции порождают постоянные риски. Известны три способа снижения таких рисков в растениеводстве: диверсификация производства, страхование и хеджирование.

В последние годы многие начинают склоняться к усилению государственного регулирования экономики. Например, Дж. Сорос, придерживающийся либеральных взглядов и выступающий за построение либерального открытого общества, также пришел к выводу, что саморегуляция финансовых и экономических рынков недостаточна. Рыночные силы не в состоянии обеспечить нормальный процесс воспроизводства и возникает необходимость стабилизирующего вмешательства со стороны государства.

Агропродовольственные рынки обладают рядом особенностей, требующих их большего по сравнению с другими товарными рынками государственного регулирования.

Научно-технический прогресс во многих отраслях промышленности идет быстрее, чем в сельском хозяйстве. Например, рабочий электронной промышленности каждый год производит практически вдвое больший объем продукции за единицу времени, а для крестьянина возможность повышения эффективности производства заключается в повышении урожайности, рост которой даже на 10% воспринимается как значительное достижение. Если не принимать мер по поддержанию фермерских доходов, уровень жизни сельских жителей будет резко диссонировать с общим уровнем жизни населения развитых стран.

В сельском хозяйстве работают множество относительно небольших семейных предприятий, которым на агропродовольственном рынке противостоят монополизированные I и III сферы АПК, которые, с одной стороны, обеспечивают сельское хозяйство материально-техническими ресурсами, а с другой, потребляют сельскохозяйственную продукцию. Конкурирующим друг с другом сельскохозяйственным предприятиям труднее отстаивать интересы на рынке, чем противостоящим им крупным предприятиям. Поэтому их интересы должно защищать государство.

Эти особенности, а также политические причины и аграрное лобби побуждают развитые страны к использованию широкого арсенала средств регулирования агропродовольственных рынков.

Государство может осуществлять поддержку сельского хозяйства, используя бюджетные средства, то есть за счет налогоплательщиков, или, регулируя финансовые потоки на рынках в пользу сельскохозяйственных товаропроизводителей и, следовательно, за счет потребителей.

Разработка крупномасштабных проектов во всех разделах экономики определяется вектором её развития. В настоящее время, с 2016 г., определяющим трендом экономического развития является цифровизация, элементами которой выступают оцифрованные технологии, цифровые платформы и аналитические приёмы исследования процессов динамики развития и механизмов управления.

В Указе Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» содержится следующая формулировка. Цифровая экономика — хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Важно различать предприятия, использующие цифровизацию как продолжение традиционной автоматизации на новой технологической основе (Интернет вещей, роботизация и т.д.), и предприятия цифровой экономики, основанные на новых экономических моделях.

Очевидно, что процесс цифровизации предприятий первого типа носит естественный консервативный характер, будет развиваться и организованно и стихийно и будет создавать цифровую среду для появления новых моделей управления.

Предприятия второго типа, экономические модели которых полностью основаны на цифровых технологиях управления, конечно, будут носить рыночный характер. За каждым таким предприятием будет стоять своя экономическая модель.

Уместно здесь упомянуть слова из тезисов К. Шваба: «оцифрованные технологии и сетевые модели».

Характерными приметами новых цифровых технологий управления являются Интернет-магазины, сайты коммерческих и государственных услуг, социальные сети, цифровые профили и двойники предприятий и изделий, цифровые платформы и т.д.

При этом во многих публикациях распространено определение цифровой экономики как экономики данных. Но памятуя, что сами по себе данные не генерируют полезность, имеет смысл говорить о цифровой экономике как об экономике алгоритмов и данных. Вслед за этим, мы обращаемся к понятию математического моделирования, поскольку построение алгоритмов поведения возможно и без формальных моделей, но чрезвычайно осложняется в их отсутствии. Более того, современные достижения цивилизации напрямую связаны с использованием понятия модели, что нашло своё отражение во всех разделах естествознания и, более широко, культуры.

Цифровая экономика в широком смысле этого слова – это вся экономика, насыщаемая цифровыми продуктами и оцифрованными технологиями. Примеры цифровых продуктов – это продукты, произведенные с использованием интеллектуальных технологий и вычислительных средств. В ряду этих продуктов находятся теперь и цифровые валюты.

Технологической базой Цифровой экономики являются вычислительные комплексы, оснащённые специальным программным обеспечением на основе математических моделей, вычислительные платформы.

В АПК базовые технологии включают в себя биологические компоненты, живые организмы, что принципиально определяет оригинальные подходы к компьютеризации и моделированию в АПК.

В наиболее продвинутых в смысле цифровизации АПК странах наблюдается активное внедрение программных комплексов, использующих достижения аграрной науки, с целью поддержки всего комплекса принятия решений в агропроизводстве. Создаются центры инновационных разработок, интегрирующие программное и информационное обеспечение, при разработке которого используются достижения всего комплекса связанных с АПК наук: физики, химии, ботаники, физиологии растений, геологии, почвоведения, метеорологии, агрохимии, земледелия, сельскохозяйственной мелиорации, селекции и семеноводства, фитопатологии, экономики.

В России все время актуален вопрос о «точках роста»: их ищут в креативных индустриях, «зеленеющих» традиционных секторах экономики, исследовательских прорывах, региональных и городских кластерах.

Серьезным претендентом на эту роль становится агропромышленный комплекс, исторически совмещающий социальную роль и позицию значимого сектора экономики. Теперь к этим двум функциям может добавиться и третья – роль технологического драйвера.

См. РБК
https://trends.rbc.ru/trends/futurology/60cc563e9a7947c4f9f7847c?from=center

В работе «Современные тенденции науки-основа реализации НОЦ «Инновационные решения в АПК»: монография/ Е.В. Журавлёва, И.М. Донник, А. Г. Галстян, С. И. Воронов; Российская академия наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Правительство Белгородской области. – Белгород: КОНСТАНТА, 2021. – 176 с.: ил., табл., цв. ил. ISBN 978-5-907380-29-5» перечисляются современные технологии, которые определят будущее АПК

Экспериментальные исследования приводят к появлению новых технологий либо к усовершенствованию существующих.

В Великобритании, в частности в 2018 году принята «Промышленная Стратегия: строительство Великобритании для будущего». В её рамках в части АПК государственная программа «Трансформация производства продовольствия: от с/х фермы до тарелки» (Transforming food production: from farm to fork». Под контролем сотрудников британского университета Харпера Адамса в 2018г. впервые в мире на площади 1 га выращен сорт озимой пшеницы без участия человека. В Германии для поиска и отработки наиболее пригодных технологий точного земледелия (ТЧЗ) сформирован междисциплинарный проект «Preagro», финансируемый Министерством образования и науки, в соответствии с согласованной концепцией ТЧЗ.

Доля отечественного агропромышленного комплекса в валовом внутреннем продукте (ВВП) РФ составляет около 16,1%, объём продовольственных рынков в 2016 – 13,7 трлн. руб.

Современному периоду цифровизации агропромышленного комплекса предшествовали несколько следующих друг за другом этапов автоматизации, электронизации и информатизации АПК.

Первый этап внедрения компьютерной и электронной техники для управления АПК получил название автоматизации. Это был довольно длительный период создания различных автоматизированных систем управления (АСУ) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Эти системы работали на очень больших по размеру и крайне маломощных, по современным меркам, ЭВМ. Началом этого этапа в нашей стране можно считать 1967 год, когда А.И. Китов был утверждён Главным конструктором «Типовой отраслевой автоматизированной системы управления – ОАСУ», а научным руководителем этой ОАСУ утвердили В. М. Глушкова. В сельском хозяйстве началом работ по автоматизации стали попытки создания АСУ-сельхоз или АСУ-Минсельхоз, начатые в 1972 году. В целом, были

созданы отдельные относительно эффективные, часто приводимые в качестве образцов автоматизированные системы АСУ «ВАЗ», АСУ «Львов» и др. В сфере АПК АСУ ограничилось решением учетных задач и задач линейного программирования для оптимизации размещения сельскохозяйственного производства.

Второй этап связан с появлением в начале 1980-х годов персональных компьютеров и довольно эффективных электронных датчиков. Процесс внедрения этих устройств стали официально именовать электронизацией. С середины 1980-х годов в рамках комплексной программы научно-технического прогресса стран-членов СЭВ развивалась электронизация сельского хозяйства. Программа электронизации была попыткой освоения успешного опыта Японии и Франции, которым, благодаря осуществлению своих программ, удалось в короткие сроки выйти на ведущие позиции в мире.

В нескольких пилотных проектах (Шпаковский район Ставропольского края и Агрокомбинат “Кубань” Краснодарского края) были соединены в сети и функционировали сотни персональных компьютеров, на которых работали специально обученные специалисты сельского хозяйства. Однако эти работы были прерваны в начале 1990-х годов ликвидацией СЭВ и распадом Советского Союза.

С середины 1990-х годов уже под названием информатизации начался третий этап развития. В техническом отношении он опирался на более совершенные персональные компьютеры и Интернет. Вместе с компьютерами пришло разнообразное программное обеспечение, включая не только бухгалтерские системы, но и ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия), CRM (Customer Relationship Management – управление взаимодействием с клиентами, SCM (Supply Chain Management – управление цепями поставок), EAM (Enterprise Asset Management – система управления основными фондами предприятия) и др. Эти системы управления быстро осваивались нашими предприятиями, включая, конечно, предприятия АПК.

С середины 2000-х годов начался процесс создания широкого спектра государственных информационных систем (ГИС). В настоящее время в реестре ГИС содержатся сведения о 336 ГИС, общей стоимостью более 200 млрд. руб.

Современный этап развития информационных технологий, названый BCG (Boston Consulting Group) цифровизацией (от англ. Digital), базируется на повсеместном распространении смартфонов, фактически персональных компьютеры в миниатюре, и быстром росте мощности и возможностей компьютерных сетей (в России на 100 человек

в 2016 году приходилось 159,95 мобильного телефона и из 100 человек 71,29 человека использовали мобильный доступ к сети «Интернет»).

Предыдущие этапы были ориентированы на автоматизацию уже существующих и часто весьма несовершенных процессов управления, а не на создание новых экономических моделей, соответствующих новым информационным технологиям. Цифровизация же направлена, прежде всего, на создание новых моделей экономического поведения участников рынка. Она работает в их интересах, с учётом контролирующих государственных служб, и именно это дает надежду на успех цифровой экономики.

Отметим, что достигнутый отечественный уровень поддержки принятия решений в АПК в инструментальном отношении вполне соответствует Программам цифровизации экономики. С точки зрения математического моделирования в целях прогноза и поддержки принятия решений агропромышленное производство является одним из самых сложных секторов экономики. Полноценная поддержка принятия решений в этом секторе требует разработки и внедрения широкого спектра математических моделей.

Основательный анализ истории развития и текущего состояния поддержки принятия решений в АПК РФ представлен в [4,5]. В работе предложена развернутая концепция разработки цифровой платформы АПК России. Прорисована общая архитектура такой платформы. Вслед за общей архитектурой необходима конкретизация проекта, разработка системы математических моделей поддержки принятия решений в АПК.

Для разработки и внедрения опережающей достигнутый мировой уровень поддержки принятия решений в АПК РФ необходимы принципиально новые подходы к постановке проблем управления, к инструментальным приёмам и построению всего круга необходимых математических моделей.

В плане математического моделирования связанных с агропромышленным производством природных процессов следует активно использовать весь арсенал максимально формализованных естественнонаучных знаний.

5. Текущее состояние информатизации АПК России

В 2019 году министерство сельского хозяйства РФ начало осуществлять Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство».

Этот Проект состоит из следующих пяти компонент:

1. «Эффективный гектар» – создание Единой информационной системы земель сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), в которой будет указано состояние и использование каждого земельного

участка; в перспективе на базе ЕФИС ЗСН будет планироваться эффективное использование каждого гектара;

2. «Смарт контракты» – создание личных кабинетов получения субсидий и в перспективе автоматизация предоставления субсидий и других видов государственной поддержки на основе смарт-контрактов;

3. Агроэкспорт «От поля до порта» – моделирование экспортных потоков и в перспективе увязка прогнозных урожаев с подвижным составом РЖД для расшивки «узких мест»;

4. «Агрорешения для агробизнеса» – создание и масштабирование решений «Умная ферма», «Умное поле», «Умное стадо», «Умная теплица», «Умная переработка», «Умный склад», «Умный агроофис»;

5. «Земля знаний» – создание электронной образовательной систем и обучение 55 тысяч специалистов агропредприятий за три года.

Все компоненты Проекта представляются достаточно обоснованными и инновационными.

Предшествующие программы информатизации АПК создали большой задел в информационном обеспечении задач управления.

В настоящее время на сайте Минсельхоза в разделе http://mcx.ru/analytics/infosystems/ приводится список 11 информационных систем, а в разделе http://mcx.ru/docs/38771/ 8 ИС, соответствующих мероприятиям по созданию национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство».

Помимо ИС для решения задач, имеющих отношение к созданию национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство», также созданы в разные годы в соответствии с госконтрактами:

– в Минсельхозе России – свыше 30 АС и ПК, разработанных (разрабатываемых) в интересах различных департаментов Минсельхоза России;

– в регионах России – различные АС и ПК, используемые (традиционно) или предполагаемые к использованию, в этих регионах.

Данные ИС должны быть использованы при создании национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство». Приведем их описание в табл. 1.

Таблица 1

Перечень информационных систем, использующихся в Минсельхозе

№	Краткое название информационной системы	Сокращенное название
1	АИС «Агростат»	Агростат
2	«Электронный атлас земель сельскохозяйственного назначения»	АЗСН
3	Система дистанционного мониторинга земель	СДМЗ
4	«Учет сельскохозяйственной техники»	УСМТ
5	АИС «Паспорта регионов»	Паспорта регионов
6	Программный комплекс «Электронные Госуслуги»	ПК Электронные Госуслуги
7	АИС реестров, регистров и нормативно-справочной информации	АИС НСИ
8	АИС «Система мониторинга и прогнозирования продовольственной безопасности Российской Федерации»	СМ ПБ
9	«Картография»	Картография
10	Автоматизированная информационная система «Реестр федеральной собственности АПК»	РФС АПК
11	АИС «Господдержка»	Господдержка
12	ИС планирования и контроля Государственной программы	ИС ПК ГП
13	Информационно-аналитическая система Агро-промышленного комплекса	ИАС АПК
14	Система информации о рынке АПК	СИР АПК
15	«Подготовка данных для публикации рыночных отчетов»	Рыночные отчеты
16	«Портал СИР АПК»	Портал СИР АПК
17	«Сбор и формирование хранилища данных о состоянии мирового агропродовольственного рынка»	Комплекс СМАР
18	«Сбор ценовой информации на внутренних агропродовольственных рынках»	Цены
19	«Торговый портал для сельскохозяйственных товаропроизводителей»	Торговый портал
20	Единый интегрированный ресурс Минсельхоза России	ЕИР МСХ

Окончание таблицы 1

№	Краткое название информационной системы	Сокращенное название
21	Комплексная информационная система сбора и обработки бухгалтерской и специализированной отчетности сельскохозяйственных товаропроизводителей, формирования сводных отчетов, мониторинга, учета, контроля и анализа субсидий на поддержку агропромышленного комплекса	АИС «Субсидии АПК»
22	«Свод АПК»	Свод АПК
23	Единый интеграционный портал Минсельхоза России	ЕИП
24	Информационно-телекоммуникационная система АПК	ИТС АПК
25	«Учет бюджетных субсидий»	Учет бюджетных субсидий
26	«Формирования и контроля расходов бюджета, учета бюджетных средств главного распорядителя и сводной бюджетной росписи Минсельхоза России»	ФКРБ
27	«Система научно-технической информации АПК»	СНТИ АПК
28	Первая очередь Ситуационного центра мониторинга продовольственной безопасности	СЦ ПБ
29	Вторая очередь системы мониторинга и прогнозирования состояния продовольственной безопасности Российской Федерации, вторая очередь ситуационного центра мониторинга продовольственной безопасности	СМ ПБ-2
30	Единая Федеральная Информационная Система о Землях Сельскохозяйственного Назначения	ЕФИС ЗСН
31	Центральная информационно-аналитическая система агропромышленного комплекса Российской Федерации	ЦИАС АПК

6. Инструментарий поддержки принятия решений в АПК России

Результаты моделирования природных процессов в случае АПК необходимы для оценки ожидаемых производственных функций производителей продукции и услуг, равно как и для корректной подготовки исходных данных для моделирования производственно-экономических взаимодействий. Ожидаемые урожайности выращиваемых культур, ожидаемые приросты (или убыли) поголовий скота и птицы самым непосредственным образом зависят от того, как будут меняться состояния почв, водоёмов, атмосферы, какими будут условия развития растений и животных.

По всей видимости, выстраивая целостное модельное описание производственно-экономической деятельности предприятий, корпораций, отраслей АПК, АПК в целом (оперирующей стороны), к координатам конечномерного пространства такого описания следует отнести переменные, описывающие.

– складские запасы, основные фонды, финансовое состояние, людские ресурсы оперирующей стороны (ОС) и её ключевых контрагентов;

– рынки сырья и материалов, услуг, труда, готовой продукции, имеющие отношение к деятельности ОС;

– состояние природных ресурсов, связанных с деятельностью ОС;

– погодные условия;

– поголовья скота и птицы, посевы.

В силу специфики сельскохозяйственного производства даже при использовании линейных производственных функций трудоёмкости, фондоёмкости, материалоёмкости, энергоёмкости производственных операций уже никак, даже в первом приближении, не могут считаться постоянными. Их следует считать зависящими от состояния природных ресурсов и погодных условий функциями. Выяснение характера этих функциональных зависимостей – особое междисциплинарное направление, требующее привлечения широкого круга естественнонаучных знаний.

Метод межотраслевого баланса В. В. Леонтьева [11]. успешно использовался в XX веке для анализа экстенсивного восстановительного роста экономики в США после великой экономической депрессии, а также и экономик европейских стран и Японии в послевоенное тридцатилетие.

В последнее время стали разрабатываться сетевые модели межотраслевых связей для экономик мира, и гипотеза В. В. Леонтьева о постоянстве норм материальных затрат заменена гипотезой о

постоянстве структуры финансовых затрат в процессе производства товаров и услуг с учётом их отраслевой дифференциации.

Эта гипотеза соответствует допущению, что производитель фиксирует пропорции своих расходов, в рамках которых в зависимости от ценовой конъюнктуры осуществляет материальные затраты, варьируя качество приобретаемых товаров и услуг.

Применительно к моделированию большого научно-производственного комплекса АПК такая гипотеза представляется более адекватной, чем гипотеза В. В. Леонтьева. В отличие от леонтьевских отраслевых производственных функций с постоянными пропорциями ей соответствуют производственные функции типа Кобба-Дугласа.

Проверенным и эффективным инструментом является анализ финансовых потоков между структурами АПК на основе моделирования финансовых балансов [12, 13]. Естественным способом освоения (усвоения) интегрированной информационной системы АПК является математическое моделирование, что позволяет проанализировать скрытые причинно-следственные связи и системность имеющейся информации.

Рассмотрим квадранты межотраслевого баланса АПК, пронумеруем отрасли производства АПК и будем различать их по номерам $\{1,..,m\}$. В своей деятельности отрасли пользуются услугами и затрачивают продукцию других отраслей и получают за это оплату. Обозначим Z_i^j денежную сумму, полученную i-й отраслью от j -й отрасли за выполненные для неё работы. Здесь i и j принимают значения из $\{1,..,m\}$. Матрица $[Z_i^j]_{i=1,...,m}^{j=1,...,m}$ образует первый квадрант симметричной таблицы межотраслевого баланса.

Второй квадрант $[Z_i^j]_{i=m,...,m+n}^{j=m+1...m+k}$ образуют m-мерные столбцы оплаты продукции и услуг отраслей конечными потребителями (государственный заказ, экспорт, поставки товаров народного потребления). Здесь k – число выделенных конечных потребителей. В процессе своей деятельности отрасли используют первичные ресурсы, т. е. товары и услуги, не производимые внутри рассматриваемого комплекса отраслей, например, трудовые услуги, импортные комплектующие, товары и услуги, произведённые в другом секторе экономики.

Соответствующие m-мерные строки вместе со строками уплаченных налогов и прибылей образуют третий квадрант таблицы $[Z_i^j]_{i=m,...,m+n}^{j=1...m}$. Тест на проверку системности собранной информации

заключается в проверке равенства суммы элементов i -й строки сумме элементов i-го столбца для любого $i \in \{1,...,m\}$:

$$\sum_{i=1}^{m+n} Z_i^j = \sum_{i=1}^{m+k} Z_j^i, \; j = 1,...,m .$$

Будем предполагать, что это условие выполнено. Отметим, что

$$\sum_{j=1}^{m} \sum_{i=m+1}^{m+n} Z_i^j = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=m+1}^{m+k} Z_j^i .$$

Обратная задача заключается в построении на основе нелинейного межотраслевого баланса модели распределения ресурсов в форме задачи выпуклого программирования или вариационного неравенства, решение которой воспроизводит симметричную таблицу межотраслевого баланса.

Построение производственных функций отраслей АПК и АПК в целом.

Для идентификации модели нелинейного межотраслевого баланса построим m-мерный вектор

$$Z^0 = \left(Z_1^0,...,Z_m^0\right), Z_i^0 = \sum_{j=m+1}^{m+k} Z_i^j ,$$

и пусть $A_0 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=m+1}^{m+k} Z_i^j$ и $A_j = \sum_{i=1}^{n} Z_i^j, \; j = 1,...,m .$

Рассчитаем коэффициент

$$a_i^j = \frac{Z_i^j}{A_j}, i = 1,...,m; \; j = 1,...,m; b_i^j = \frac{Z_{m+i}^j}{A_j}, i = 1,..,n, \; j = 1,...,m;$$

$$a_i^0 = \frac{z_i^0}{A_0}, i = 1,...,m .$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_i^j + \sum_{t=1}^{n} b_t^j = 1, a_i^j \geq 0, b_t^j \geq 0, \; j = 1,...,m; i = 1,...,m; t = 1,...,n;$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_i^0 = 1, a_i^j \geq 0, i = 1,...,m .$$

Определим производственную функцию j -ой отрасли как функцию Кобба-Дугласа:

$$F_j\left(X^j, l^j\right) = A_j \left(\prod_{i=1}^{m} \left(\frac{X_i^j}{Z_i^j} \right)^{a_i^j} \right) \left(\prod_{i=1}^{n} \frac{l_i^j}{Z_{m+i}^j} \right)^{b_i^j}, \; j = 1,...,m ;$$

функцию полезности конечных потребителей как функцию Кобба-Дугласа $F_0\left(X^0\right)=\prod_{i=1}^{m}\left(X_i^0\right)^{a_i^0}$, вектор предложения первичных ресурсов как $l=\left(l_1,...,l_n\right), l_i=\sum_{j=q1}^{m} Z_{m+1}^j, i=1,...,n$.

Утверждение. Набор значений переменных

$$\left\{\begin{array}{l}\widehat{X}_i^0=Z_i^0, i=1,...,m; \widehat{X}_i^j=Z_i^j,\ j=1,...,m, i=1,...,m;\\ \hat{l}_t^j=Z_{m+t}^j,\ j=1,...,m; t=1,...,n\end{array}\right\}$$

является решением задачи выпуклого программирования (1)-(4).

$$F_0(X^0)\to\max;$$

$$F_j(X^j,l^j)\ge\sum_{i=0}^{m}X_j^i,(j=1,...,m);$$

$$\sum_{j=1}^{m}l^j\le l,$$

$$X^0\ge 0, X^1\ge 0,..., X^m\ge 0, l^1\ge 0,..., l^m\ge 0,$$

где X_i^j объём продукции i-ой отрасли, который используется в качестве производственных факторов (ПФ) в процессе производства в j-ой отрасли, а через $X^j=\left(X_1^j,...,X_m^j\right)$ затраты j-ой отраслью ПФ производимых рассматриваемой группой отраслей. Будем также предполагать, что в процессе производства отрасли затрачивают в качестве ПФ первичные ресурсы n видов, т.е. продукты, не производимые рассматриваемой группой отраслей. При этом $l^j=\left(l_1^j,...,l_n^j\right)$ вектор затрат первичных ресурсов j-ой отраслью, $F_j(X^j,l^j)$ производственная функция j-ой отрасли, т.е. зависимость выпуска j-ой отрасли от затрат ПФ, $X^0=\left(X_1^0,...,X_m^0\right)$ - объемы поставок производимой рассматриваемыми отраслями продукции внешним потребителям. Здесь спрос внешних потребителей описывается с помощью функции полезности $F_0\left(X^0\right)$. Предложение первичных ресурсов рассматриваемой группе отраслей ограничено объемам $l=\left(l_1,...,l_n\right)\ge 0$

Рассматривается задача об оптимальном распределении этих ресурсов между отраслями в целях максимизации функции полезности

внешних потребителей при балансовых ограничениях по первичным ресурсам и выпускаемой отраслями продукции.

Таким образом, построенная задача с производственными функциями типа Кобба-Дугласа соответствует наблюдаемым исходным данным (симметричной таблице межотраслевых связей) финансовых потоков.

Построенные таким образом производственные функции могут использоваться в Цифровой платформе при расчётах в Моделях цифровых двойников и в имитационных экспериментах.

Сценарии экспериментов. Примеры анализа межотраслевых связей.

Модель оптимального распределения ресурсов при заданных производственных функциях позволяет анализировать межотраслевые финансовые потоки оплаты товаров и услуг при различных сценариях изменения внешних условий.

Сценарий изменения цен на импортные товары и услуги (комплектующие): Изменение внутренних цен на импортные товары и услуги может произойти в результате изменения курса иностранной валюты, изменения цен на мировом рынке или в результате возрастания транзакционных издержек при покупке необходимых импортных товаров и услуг в условиях санкционных ограничений.

Сценарий изменения расходов конечных потребителей: Изменение плана денежных расходов конечных потребителей может произойти в результате корректировки государственного заказа, изменений доходов от экспорта товаров и услуг и изменения доходов от реализации товаров народного потребления.

Сценарий изменения валютного курса: Валютный курс оказывает влияние на внутренние цены импортных товаров и услуг, а также на доходы от экспорта. В результате изменения цен на импортные товары и услуги вектор индексов цен на первичные ресурсы, а изменения доходов от экспорта товаров в терминах модели выражаются в изменении вектора денежных расходов $\hat{Z}^0 = \left(\hat{Z}_1^0, ..., \hat{Z}_m^0\right)$.

7. Цифровые двойники предприятий

В настоящее время АПК России является разветвлённым производственно-экономическим комплексом с централизованным индикативным стратегическим управлением и учётом экономических целей производства [4-7].

В состав Цифровой Платформы должны входить Цифровые двойники предприятий, описываемые в виде Базовых моделей.

Базовая модель описывает развитие производства, динамику материальных (продукция, производственные фонды) и финансовых потоков (инвестиции, активы, обязательства, собственный капитал), содержит входящие и исходящие переменные, учитывает технологические связи, централизацию управления и экономические цели производства.

Базовая модель в реализованном виде является Цифровым двойником предприятия в описании общей системы Цифровой платформы АПК.

Опираясь на отечественный опыт разработок экономико-математических моделей [14-15 и др.] и учитывая имеющие в настоящее время принципиальное значение финансовые ограничения, принимается описание Предприятия АПК в виде следующей Базовой модели, включающей в своем составе следующие основные блоки.

8. Материальный баланс

Блок «Производство»: Следующие переменные относятся к шагу t: X_k^p – запасы продуктов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^p$ – выпуск продуктов; $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}$ – количество продуктов, идущих на создание производственных фондов (фондообразующие продукты); $\mathbf{y}_k^{p,p}$ – количество продуктов идущих непосредственно на производство (сырьевые продукты); $\mathbf{x}_k^{p,+}$ – количество продуктов поступающих на предприятие; $\mathbf{x}_k^{p,-}$ – количество продуктов уходящих с предприятия. Тогда динамика количества продуктов предприятия описывается следующим конечно-разностным уравнением:

$$X_k^p(t+1) = X_k^p(t) + \mathbf{x}_k^{p,+}(t) + \mathbf{z}_k^p(t) - \mathbf{x}_k^{p,-}(t) - \mathbf{y}_k^{p,p}(t) - \mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t),$$
$$X_k^p(1) = X_k^{p,0}.$$

Блок «Производственные фонды»: $X_k^\varphi(t)$ – количество производственных фондов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^\varphi(t)$ – производственные фонды, созданные на шаге t. Динамика количества производственных фондов:

$$X_k^\varphi(t+1) = X_k^\varphi(t) + \mathbf{z}_k^\varphi(t), X_k^\varphi(1) = X_k^{\varphi,0}.$$

Блок «Труд»: $X_k^l(t)$ численность сотрудников различных специальностей на начало шага t (вектор размерности); $\mathbf{x}_k^l(t)$. – изменение численности персонала предприятия на шаге t.

$$X_k^l(t+1) = X_k^l(t) + \mathbf{x}_k^l(t).$$

Пусть $\mathbf{u}_k^p$ – вектор интенсивностей процессов производства, а $\mathbf{u}_k^\varphi$ – вектор интенсивностей процессов создания фондов. Запишем линейные соотношения, описывающие выпуск продукции и создание производственных фондов:

$$\mathbf{z}_k^p(t) = \mathbf{A}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t), \mathbf{B}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t) \le \mathbf{q}_k^p(t),$$

$$\mathbf{z}_k^\varphi(t) = \mathbf{A}_k^\varphi(t) \cdot \mathbf{u}_k^\varphi(t), \mathbf{B}_k^\varphi(t) \cdot \mathbf{u}_k^\varphi(t) \le \mathbf{q}_k^\varphi(t),$$

$$\mathbf{q}_k^p(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,p}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right), \mathbf{q}_k^\varphi(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right).$$

Здесь $\mathbf{A}_k^p$, $\mathbf{A}_k^\varphi$ – матрицы удельных норм выпуска продукции и создания фондов; $\mathbf{B}_k^p$, $\mathbf{B}_k^\varphi$ – матрицы удельных затрат выпуска продукции и создания фондов. Также мы ввели обозначения $\mathbf{q}_k^p(t)$ и $\mathbf{q}_k^\varphi(t)$ для векторов ресурсов, необходимых соответственно для производства продукции и создания фондов на шаге t.

Замечание о производственных функциях. Выше записаны соотношения в соответствии с производственной функцией Леонтьевского типа.

Предусматривается возможность использования в модели других видов производственных функций:

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^p(t)\right) = a_i \cdot \left(\sum_{i \in I^p} \alpha_i \cdot \left(y_i^{p,p}(t)\right)^\rho + \sum_{r \in R^p} \alpha_r \cdot \left(X_r^l(t)\right)^\rho + \sum_{j \in J^p} \alpha_j \cdot \left(X_j^f(t)\right)^\rho \right)^{\beta/\rho}$$

CES функции.

$$F_i\left(t, q^p(t)\right) = a_i \cdot \prod_{i \in I^p} \left(y_i^{p,p}(t)\right)^{\alpha_i} \prod_{r \in R^p} \left(X_r^l(t)\right)^{\alpha_r} \prod_{j \in J^p} \left(X_j^f(t)\right)^{\alpha_j},$$

функции Кобба-Дугласа,

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^p(t)\right) = \min\left(\min_{i \in I^\sigma} \alpha_i y_i^{p,p}(t), \min_{r \in R^p} \alpha_r X_r^l(t), \min_{j \in J^p} \alpha_j X_j^f(t) \right),$$

запись соответствует модели Леонтьева В. В.

Финансовый баланс. Переменные относятся к началу шага t:

M_k – касса предприятия; S_k^p – товарные запасы; S_k^φ – основные фонды; A_k – активы предприятия; L_k – обязательства; E_k – собственный капитал;

$$M_k(t+1) = M_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + H_k^c(t) - Q_k^{p,+}(t) - Q_k^{p,f} -$$
$$-Q_k^l(t) - (1+\gamma_k(t-1)) \cdot H_k^c(t-1), M_k(1) = M_k^0$$
$$S_k^p(t+1) = S_k^p(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) -$$
$$-U_k^{p,-}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,\varphi}(t), S_k^p(1) = S_k^{p,0}$$
$$S_k^\varphi(t+1) = S_k^\varphi(t) + U_k^{\varphi,z}(t) - U_k^{\varphi,-}(t), S_k^\varphi(1) = S_k^{\varphi,0}$$
$$A_k(t+1) = A_k(t) + M_k(t+1) - M_k(t) + S_k^p(t+1) -$$
$$-S_k^p(t) + S_k^\varphi(t+1) - S_k^\varphi(t), A_k(1) = A_k^0$$
$$L_k(t+1) = L_k(t) + H_k^c(t) - H_k^c(t-1), L_k(1) = L_k^0$$
$$E_k(t+1) = E_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) +$$
$$+U_k^{\varphi,z}(t) - Q_k^{p,+}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,-}(t) -$$
$$-U_k^{p,\varphi}(t) - Q_k^l(t) - \gamma_k(t-1) \cdot H_k^c(t-1) -$$
$$-U_k^{\varphi,-}(t), E_k(1) = E_k^0,$$

где

$Q_k^{p,-}$ – поступления денежных средств в качестве оплаты за продукты, уходящие с предприятия;

$Q_k^{p,+}$ – оплата приходящих на предприятие продуктов;

Q_k^l – оплата труда сотрудников предприятия;

$U_k^{p,+}$ – балансовая стоимость продуктов, приходящих на предприятие;

$U_k^{p,z}$ – балансовая стоимость произведенных продуктов;

$U_k^{p,-}$ – балансовая стоимость продуктов, уходящих с предприятия;

$U_k^{p,p}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на производство;

$U_k^{p,\varphi}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на создание производственных фондов;

$U_k^{\varphi,-}$ – амортизация производственных фондов,

$H_k^c(t)$ – заимствования предприятия по ставке $\gamma_k(t)$.

Пример задачи оптимизации в Базовой модели: одной из простейших может быть следующая. Выберем в качестве управления переменные $\mathbf{x}_k^{p,+}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,p}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t)$, $\mathbf{x}_k^{p,-}(t)$, $\mathbf{u}_k^p(t)$, $\mathbf{u}_k^\varphi(t)$, $H_k^c(t)$,

$t = 1,...,T$ и рассмотрим задачу $E_k(T+1) \to \max$ (максимизация конечного капитала), при условии неотрицательности управляющих и фазовых переменных $X_k^p(t)$, $M_k(t)$, $t = 2,...,T+1$, а также с учетом ограничений по ресурсам для выпуска продукции и создания производственных фондов, которые описываются соответствующими линейными неравенствами.

Эта модель с соответствующим информационным и программным обеспечением и есть Цифровой двойник предприятия в рамках рассмотрения Цифровой платформы АПК.

В этой записи возможны различные постановки оптимизационных (централизация) и теоретико-игровых задач (децентрализация).

9. Сетевая модель

Рассмотрим теперь вопрос о деятельности всей совокупности предприятий, входящих в сферу АПК и приведём совокупное описание моделей всех предприятий (Цифровых двойников), входящих в Цифровую платформу АПК при веерном технологическом графе. Прежде всего отметим, что модель отражает Иерархическую структуру управления [8-10, 15].

Можно рассматривать это описание, как описание производственной модели АПК в целом.

Ограничимся отдельным вопросом организационно-технологического характера: приведём описание модели для оценки возможности выполнения приоритетов группой предприятий по выпуску конечных продуктов при заданных финансовых средствах.

Подчеркнём, что модели такого типа («грубые» модели) позволяют оценить качественные стороны принятия решений. Прежде всего они находят своё эффективное применение при разработке сценариев вычислительных экспериментов для имитационных систем на базе цифровых платформ при большой размерности модельных комплексов.

Прикладной смысл таких исследований – с одной стороны создание математического аппарата для анализа упрощенных моделей, позволяющих делать качественные выводы и, с другой стороны, формировать на модельном уровне представление о предмете исследований у лиц, принимающих решения на всех организационных уровнях.

Далее рассматривается один из вариантов описания на основе отечественной теории иерархических игр [1-3, 8,9, 14,15].

Предполагаем, что организационно система состоит из трёх уровней:

Центр-интегрированные структуры (холдинги)-предприятия.

Субъекты. Оперирующую сторону в данной модели будем отождествлять с координирующим Центром

Далее, имеется некоторое число предприятий, разбитых на K интегрированных структур. Предприятия будем нумеровать двойными индексами kn, где k ($k = 1,...,K$) – номер интегрированной структуры, n – номер предприятия ($n = 0,1,...,N$).

Здесь, чтобы не использовать лишних индексов, считаем, что число предприятий в каждой интегрированной структуре одинаково. Если это не так, то можно считать, что $N+1$ – максимальное число предприятий в интегрированной структуре, а в те структуры, в которых предприятий меньше, добавлены фиктивные предприятиями с очень большими затратами на производство (см. ниже).

Каждую интегрированную структуру будем отождествлять с ее головным предприятием, за которым зарезервируем индекс $n = 0$.

Технологические процессы. Будем рассматривать функционирование системы на отрезке времени $t = 1,2,...,T$.

Пусть система способна выпускать I видов продукции. Обозначим $U = \mathbb{R}_+^I$.

Центр в качестве оценки желаемой программы выбирает объемы и сроки выпусков, т.е. для каждой интегрированной структуры k в модели имеется набор $\left(u_1^k,...,u_T^k\right)$ векторов $u_t^k \in U, t = 1,2,...,T$.

Цены продукции рассматриваются как параметр модели, т.е. в каждый момент времени t задан вектор параметров $p_t \in U$.

Таким образом, например, структура k в момент времени t получает за выполнение выпуска сумму, равную $p_t u_t^k$.

Производственные мощности. Состояние производственных мощностей предприятия kn в момент времени t описывается вектором x_t^{kn} с неотрицательными компонентами. Множество всех таких векторов обозначим через X .

Опять же для простоты формул считаем, что размерности этих векторов для всех t и всех kn одинаковы, но в них могут быть нулевые компоненты.

В момент времени t предприятие kn выбирает вектор z_t^{kn} вновь создаваемых мощностей. Таким образом, динамика производственных мощностей задается формулой

$$x_{t+1}^{kn} = x_t^{kn} + z_t^{kn}, t = 1,...,T, k = 1,...,K, n = 0,1,...,N .$$

Начальное значение x_0^{kn} считается параметром задачи.

За создание новых мощностей предприятие платит сумму $P_t z_t^{kn}$. Здесь вектор P_t с неотрицательными компонентами – параметр модели.

Выпуск продукции, затраты. в момент времени t предприятие kn выбирает объем выпуска продукции $v_t^{kn} \in U$.

Разумеется, производство продукции связано с затратами. Будем считать, что эта связь описывается функцией

$$\Phi = (\varphi, \phi) : X \times U \to U \times W :$$

Здесь $\varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \in U$ – затраты продукции, производимой внутри ОПК, на производство продукции в количестве v_t^{kn} при наличии мощностей x_t^{kn}, $\phi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \in W$ – затраты на приобретение продукции, закупаемой извне ОПК.

Здесь вновь для упрощения формул считаем, что каждое предприятие может выпускать полную номенклатуру продукции, но затраты на выпуск «непрофильных» товаров (т.е. не соответствующих имеющимся мощностям), принимаются значительными для их исключения при расчёте.

Предположим, что предприятия, входящие в одну интегрированную структуру, могут обмениваться произведенной продукцией.

Обмены. Объем $\omega_t^{knm} \in U$ продукции, поставляемой предприятием n предприятию m в момент времени t определяется головным предприятием интегрированной структуры.

Управления головного предприятиям интегрированной структуры k должны удовлетворять ограничениям

$$v_t^{k0} + \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{kn0} - \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{k0n} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq u_t^k,\ t = 1,...T.$$

Обозначим через $U_t^{k0}(x_t^{k0}, u_t^k)$ множество наборов (управлений)

$$(z_t^{k0}, v_t^{k0}, \omega_t^{k00}, ..., \omega_t^{k0N}, \omega_t^{k10}, ..., \omega_t^{kNN}) \in X \times U^{N^2+1},$$

удовлетворяющих ограничению

$$v_t^{k0} + \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{kn0} - \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{k0n} \geq u_t^k$$

(здесь для простоты записи принято $\omega_t^{knn=0}$, $n = 0,1,..., N$).

Управления предприятия n ($n \neq 0$), входящего в интегрированную структуру k должны удовлетворять ограничениям

$$v_t^{kn} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{kmn}.$$

Обозначим через $U_t^{kn}(x_t^{kn}, \omega_t^{kn0}, ..., \omega_t^{knN}, \omega_t^{k0n}, ..., \omega_t^{kNn})$ множество пар $(z_t^{kn}, v_t^{kn}) \in X \times U$, удовлетворяющих условию

$$v_t^{kn} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{kmn}.$$

Интересы. Будем считать, что целью предприятий является максимизация прибыли.

Обозначим для краткости $\bar{z}^{kn} = (z_1^{kn}, ..., z_T^{kn})$, $\bar{v}^{kn} = (\bar{v}_1^{kn}, ...\bar{v}_T^{kn})$, $\bar{p} = (p_1, ..., p_T)$.

Для $n \neq 0$ прибыль предприятия kn задается формулой

$$g^{kn}(\bar{p}, \bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}) = \sum_{t=1}^{T} p_t v_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{kn}, v_t^{kn}).$$

Здесь π_t – вектор цен на товары, закупаемые вне АПК. Это – параметр модели.

Считаем, что головное предприятие интегрированной системы является акционером остальных предприятий этой системы. Поэтому его прибыль выражается формулой

$$g^{k0}(\bar{p}, \bar{z}^{k0}, \bar{z}^{k1}, ..., \bar{z}^{kN}, \bar{v}^{k0}, \bar{v}^{k1}, ..., \bar{v}^{kN}) =$$

$$= \sum_{t=1}^{T} p_t v_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) +$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} \alpha^{kn} g^{kn}(\bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}).$$

В этой формуле α^{kn} – доля головного предприятия в капитале предприятия kn.

В модели – это параметры.

Как было сказано, в данной модели предполагается, что любое предприятие в принципе способно выпускать любую продукцию в любом количестве, только такой непрофильный выпуск может сопровождаться очень большими затратами. Поэтому в рамках данной модели реализуемость выпуска естественно трактовать как безубыточность всех предприятий. Таким образом, Центру приписывается функция выигрыша

$$g(\bar{p}, \bar{z}^{10}, \bar{z}^{11}, ..., \bar{z}^{1N}, ..., \bar{z}^{KN}, \bar{v}^{10}, \bar{v}^{11}, ..., \bar{v}^{1N}, ..., \bar{v}^{KN}) =$$

$$= \min_{1\le k\le K} \min\left[g^{k0}(\bar{z}^{k0}, \bar{z}^{k1}, ..., \bar{z}^{kN}, \bar{v}^{k0}, \bar{v}^{k1}, ..., \bar{v}^{kN}), \min_{1\le n\le N} g^{kn}(\bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}) \right].$$

Информированность и порядок ходов. Будем предполагать, что всем субъектам рассматриваемой системы точно известны ее параметры.

Считаем, что первым принимает решение Центр, он формирует программу-прогноз $\bar{u}^k = (u_1^k, ..., u_T^k), k = 1, ..., K$, задаются параметры - цены $\bar{p} = (p_1, ..., p_T)$ и предприятия информируются о прогнозе.

Затем одновременно и независимо делают выбор головные предприятия.

Обозначим через $\bar{U}^{k0}(\bar{u}^k)$ множество всех наборов $u_t^{k0} = (z_t^{k0}, v_t^{k0}, \omega_t^{k00}, ..., \omega_t^{k0N}, \omega_t^{k10}, ..., \omega_t^{kNN}), t = 1, ..., T,$ удовлетворяющих условиям

$$u_t^{k0} \in U_t^{k0}(x_t^{k0}, u_t^k),\ x_{t+1}^{k0} = x_t^{k0} + z_t^{k0},\ t = 1, ..., T.$$

Головное предприятие выбирает программу $\bar{u}^{k0} \in \bar{U}^{k0}(\bar{p}, \bar{u}^k)$ и сообщает о своем выборе предприятиям своей интегрированной структуры.

После этого одновременно и независимо производят свой выбор остальные предприятия. Предприятие *kn* выбирает свою программу $_V$ из множества $\bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0})$ программ, удовлетворяющих условиям

$$u_t^{kn} \in U_t^{kn}(x_t^{kn}, \omega_t^{kn0}, ..., \omega_t^{knN}, \omega_t^{k0n}, ..., \omega_t^{kNn}),\ x_{t+1}^{kn} = x_t^{kn} + z_t^{kn},\ t = 1, ...T.$$

Принцип оптимальности. Будем считать, что все субъекты осторожны к имеющейся у них неопределенности. При этом они рассчитывают на рациональное поведение своих партнеров.

При описанной выше схеме принятия решений, предприятие kn ($n > 0$), выбирая управления, находится в ситуации, когда его выигрыш зависит только от его решения. Поэтому естественно считать, что оно выберет программу $\bar{u}^{kn}$ из множества

$$BR^{kn}(\bar{u}^{k0}) = \left\{ \bar{u}^{kn} \in \bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0}) : g^{kn}(\bar{p}, \bar{u}^{kn}) = \max_{w^{kn} \in \bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0})} g^{kn}(\bar{p}, \bar{w}^{kn}) \right\}.$$

Головное предприятие $k0$ может оценить это множество. Поэтому для него естественно выбрать свою программу $\bar{u}^{kn}$ из множества

$$BR^{k0}(\bar{u}^{k}) = \left\{ \bar{u}^{k0} \in \bar{U}^{k0}(\bar{u}^{k}) : \min_{\bar{u}^{k1} \in \bar{U}^{k1}(\bar{u}^{k0})} \dots \min_{\bar{u}^{kN} \in \bar{U}^{kN}(\bar{u}^{k0})} g^{k0}(\bar{p}, \bar{u}^{k0}, \bar{u}^{k1}, \dots, \bar{u}^{kN}) = \right.$$

$$\left. = \max_{\bar{w}^{k0} \in \bar{U}^{k0}(\bar{u}^{k})} \min_{\bar{u}^{k1} \in \bar{U}^{k1}(\bar{w}^{k0})} \dots \min_{\bar{u}^{kN} \in \bar{U}^{kN}(\bar{w}^{k0})} g^{k0}(\bar{p}, \bar{w}^{k0}, \bar{u}^{k1}, \dots, \bar{u}^{kN}) \right\}$$

(можно показать, что если все параметры α^{kn} строго положительны, то при обычных предположениях о множествах выборов максимум в этой формуле достигается).

Обозначим $BR^{k}(\bar{u}^{k0}) = BR^{k0}(\bar{u}^{k}) \times \prod_{n=1}^{N} BR^{kn}(\bar{u}^{k0})$.

Пусть Центр фиксировал программы $\bar{u}^{k} = (u_1^k, \dots, u_T^k), k = 1, \dots, K$, и $\bar{p} = (p_1, \dots, p_T)$. Тогда он может рассчитывать, что при рациональном поведении партнеров он получит выигрыш не меньший

$$\min_{(\bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}) \in BR^{1}(\bar{u}^{1})} \dots \min_{(\bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}) \in BR^{K}(\bar{u}^{K})} g(\bar{p}, \bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}, \dots, \bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}).$$

Вывод. Поэтому, если величина

$$\sup_{\bar{p} \in U^{T}} \min_{(\bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}) \in BR^{1}(\bar{u}^{1})} \dots \min_{(\bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}) \in BR^{K}(\bar{u}^{K})} g(\bar{p}, \bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}, \dots, \bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN})$$

положительна, или она неотрицательна, и верхняя грань в последней формуле достигается, то выпуск $\left(\bar{u}^{1}, \dots, \bar{u}^{k}\right)$ реализуем.

В результате на основе данного описания построена Сетевая Модель, которая учитывает технологические и организационные связи всех предприятий АПК. Сформулированная Сетевая Модель имеет вид теоретико-игровой модели с иерархической структурой, с приоритетом действий Центра и учётом связей между агентами технологического графа АПК.

10. Замечание о смешанных механизмах в АПК.

Предыдущее описание рассматривалось как программное прогнозирование Центра, где учитывалась иерархия принятия решений и критерии эффективности отражали устремления активных экономических агентов. Поэтому описание можно рассматривать как первое приближение к анализу сетевых моделей. Вопросы ценообразования разрешались назначением параметров моде, и следующий шаг в исследовании непременно должен учитывать механизм формирования рыночных цен.

Таким же вопросом к будущему рассмотрению является децентрализованное управление Центра, когда применяется «мягкое», не директивное, индикативное регулирование течения экономической деятельности.

Приведём пример рассмотрения налоговой политики Центра. Рассмотрим случай, когда предприятия выплачивают налог с прибыли в размере $\beta(b_t^{kn})$. Вид функции β выбирает Центр.

Таким образом, цель предприятия состоит в максимизации прибыли после налогообложения, которая при n ≠ 0 задается формулой

$$g^{kn}(\beta, \bar{p}, \bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}) = \sum_{t=1}^{T} p_t \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} + \sum_{t=1}^{T} \Pi_t \left(v_t^{kn} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} \right) -$$

$$- \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) - \sum_{t=1}^{T} \tau(t) \beta(b_t^{kn}).$$

Считаем, что головное предприятие интегрированной системы является акционером остальных предприятий этой системы. Поэтому его прибыль до налогообложения выражается формулой

$$\sum_{t=1}^{T} p_t \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} + \sum_{t=1}^{T} \Pi_t \left(v_t^{k0} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} \right) -$$

$$- \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) + \sum_{n=1}^{N} \alpha^{kn} g^{kn}(\bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}).$$

В этой формуле α^{kn} – доля головного предприятия в капитале предприятия *kn*. В модели это – параметры.

Для простоты будем считать, что дивиденды выплачиваются в те же моменты времени, когда платятся налоги. Тогда конструкции, аналогичные предыдущим будут выглядеть следующим образом.

$$b_0^{k0} = 0,$$

$$b_t^{k0} = (1 - \tau(t-1)) b_{t-1}^{k0} + p_t \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} + \Pi_t \left(v_t^{k0} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} \right) - P_t z_t^{k0} -$$

$$- p_t \varphi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) - \pi_t \phi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) + \sum_{n=1}^{N} \tau(t) \alpha^{kn} b_t^{kn},$$

$$t = 1, \ldots T, k = 1, \ldots, k.$$

Прибыль после налогообложения составит

$$g^{k0}(\beta, \overline{p}, \overline{z}^{k0}, \overline{z}^{k1}, ..., \overline{z}^{kN}, \overline{v}^{k0}, \overline{v}^{k1}, ..., \overline{v}^{kN}) = \sum_{t=1}^{T} p_t \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} + \sum_{t=1}^{T} \Pi_t \left(v_t^{k0} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{k0m} \right) -$$

$$- \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) + \sum_{t=1}^{T} \sum_{n=1}^{N} \tau(t) \alpha^{kn} b_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} \tau(t) b_t^{k0}.$$

Заключение

В общем, предполагается, что при оценке необходимой совокупности инструментальных средств поддержки принятия решений, в системе будут функционировать:

– «цифровые двойники» предприятий и агрохолдингов, отраслей АПК, АПК в целом;

– макроэкономические модели рыночных и государственных механизмов, оценки конъюнктуры рынков сельхозпродукции, сырья и материалов, энергии, оборудования, прав пользования природными ресурсами, труда, потребляемых и производимых АПК услуг;

– взаимоувязанная система математических моделей природных процессов, связанных с работой АПК, по всем регионам России;

– программные комплексы моделирования производственно-технологических процессов, подготовки исходных данных для моделирования, оценки производственных функций в зависимости от разворачивания процессов природного характера;

– единое интернет-пространство знаний в АПК РФ, позволяющее системно и гибко организовать обмен необходимой информацией между различными составляющими взаимоувязанной системы поддержки принятия решений на всех уровнях управления АПК.

Под «цифровым двойником» при этом следует понимать целостную и взаимоувязанную игровую имитационную модель производственно-экономической деятельности микро- или малого агропредприятия, агрохолдинга, отрасли АПК, АПК в целом, игроками (агентами) в которой является как сама оперирующая сторона (предприятие, холдинг, …), так и все её контрагенты: государство (ФОИВ, РОИВ, МОИВ), домашние хозяйства, продавцы и поставщики, покупатели и заказчики, кредиторы и инвесторы, здравоохранение и образование, наука.

Список литературы

1. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М. : Наука, 1981.– 488 с.

2. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. Москва, Россия : Наука, 1976. – 328 с.

3. Ватель И.А., Ерешко Ф.И. Игры с иерархической структурой: в 2-х т. // Математическая энциклопедия. – Москва : Советская Энциклопедия. – 1979. – Т.2 – С. 478-482

4. Огнивцев С. Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса. Международный сельскохозяйственный журнал № 2 (368) / 2019. – С. 16-22.

5. Огнивцев С. Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации АПК. Международный сельскохозяйственный журнал № 2 (368) / 2019. – С. 77-80.

6. Будзко В. И., Огнивцев С. Б., Ерешко Ф. И., Шевченко В. В. О системе моделей поддержки принятия решений в агропромышленном комплексе Пленарный доклад // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов XV Всероссийской с международным участием школы-симпозиума АМУР-2021, Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2021 / ред. совет: А. В. Сигал (предс.) и др. – Симферополь : ИП Корниенко А. А., 2021. – 436 с. – ISBN 978-5-6046168-1-9. – С. 77-81.

7. Будзко В. И., Огнивцев С. Б., Цвиркун А. Д., Ерешко Ф. И., Шевченко В. В. Моделирование экономических механизмов АПК // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2021. Труды четырнадцатой международной конференции. М.: ИПУ РАН, 2021 (27-29 сентября 2021 года, Москва, Россия). – С. 1790-1817.

8. Горелов М.А., Ерешко Ф.И. Иерархические игры с ограничениями на объём передаваемой информации // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2021. Труды четырнадцатой международной конференции. М. : ИПУ РАН, 202 (27-29 сентября 2021 года, Москва, Россия)1. С. 445-451.

9. Ерешко Ф.И., Горелов М.А. Управление центра в сетевой модели цифровых двойников группы предприятий // Тенденции развития интернет и цифровой экономики /Труды IV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Пленарный доклад. Симферополь-Алушта, 3-5 июня 2021 год. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021, стр.34-37. – ISBN 78-5-6046332-4-3.

10. Ерешко Ф.И., Шевченко В.В. Опыт использования теории игр при поддержке принятия решений в ОПК России // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов XIV Всероссийской с международным участием школы-симпозиума АМУР-2020, Симферополь-Судак, 14-27 сентября 2020 / ред. совет: А. В. Сигал (предс.) и др. – Симферополь : ИП

Корниенко А. А., 2020. – 436 с. – ISBN: 978-5-6043882-3-5. – С. 149-154. – https://elibrary.ru/item.asp?id=44063482&pf=1

11. Василий Леонтьев и Холлис В. Ченери, Пауль Г. Кларк, Джеймс С. Дюзенберри, Аллен Р. Фергюсон, Энн П. Гроссе, Роберт Н. Гроссе, Матильда Хольцман, Уолтер Изард, Хелен Кистен. Исследования структуры американской экономики. Теоретический и эмпирический анализ по схеме затраты-выпуск. Перевод с английского А.С. Игнатьева. Под редакцией А. А. Конюса. – М. : Государственное статистическое издательство, 1958, 640 с

12. Шананин А. А. Двойственность по Янгу и агрегирование балансов // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. 2020. Т. 493. С. 81-85. – DOI: 10.31857/S2686954320040177

13. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М. : Энергоатомиздат, 1996.

14. Шевченко В.В. Операционное игровое сценарное моделирование экономических процессов // Журнал “Цифровая экономика”, 2021, №15(3)., С. 52-62. DOI: 10.34706/DE-2021-01-03

15. Ereshko F., Gorelov M., Budzko V. An Intelligent Approach to Decentralized Control in the Agro-industrial Complex.. ICID 2021. Communications in Computer and Information Science, vol. 1539, P. 254-264. Springer Nature Switzerland AG. – 2022.

Секция 1
Методы и технологии разработки программных систем

Проблемы идентификации участников событий

Д. В. Борисенков, email: xuser@relex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрены типичные проблемы, возникающие при идентификации участников множеств событий в разных предметных областях. Намечены пути обнаружения, решения и предотвращения таких проблем.*

Ключевые слова: *Субъект, событие, участие, идентификация.*

Введение

В различных предметных областях регулярно возникают задачи идентификации субъектов, принимающих участие в множествах однотипных событий. Например, к числу таких предметных областей можно отнести:

- спортивные соревнования, участвующие в них спортсмены и показанные результаты;
- научные конференции, их участники и сделанные доклады;
- метрические книги, содержащие информацию о рождениях, смертях и бракосочетаниях.

Данная статья посвящена рассмотрению типичных проблем, возникающих при идентификации участников таких множеств событий.

1. Терминология

Субъект – участник множества серийных (однородных) событий. Субъект – родовое понятие, предполагается, что экземпляры типа субъекта – это люди (физические лица).

Субъект характеризуется своими атрибутами. Атрибуты субъекта могут быть разделены на несколько перечисленных ниже категорий.

– Идентификационные атрибуты – каждый такой атрибут представляет собой уникальный идентификатор в некоторой системе идентификации субъектов. Субъект может не иметь идентификационных атрибутов, если система идентификации для данной предметной области не существует (не была создана). Экземпляр субъекта может иметь неопределенное значение идентификационного атрибута, если он не был идентифицирован в соответствующей системе идентификации (идентификация не производилась или не дала результатов).

© Борисенков Д. В., 2022

– Именные атрибуты – фамилия, имя, отчество. Эти атрибуты могут быть указаны частично, сокращенно, в разных алфавитах, с ошибками. В том или ином виде, прямо или косвенно (через идентификатор в некоторой системе идентификации), заданы для субъекта практически всегда.

– Пространственные атрибуты – место рождения, место проживания или регистрации в момент события. Могут быть указаны страна, область, город, полный адрес.

– Отношение к какой-либо организации – например, федерация для спортсменов, вуз для участников конференций, религиозная конфессия для участников метрических книг. Эта категория атрибутов может частично пересекаться с предыдущей.

– Временные атрибуты – дата или год рождения, возраст в момент события.

– Звания, титулы, разряды – спортивные звания для спортсменов; научные степени, звания, должности для участников конференций; сословия для участников метрических книг.

– Рейтинги (в момент события) – для участников спортивных соревнований.

Атрибуты субъектов могут изменяться во времени (для идентификации участников событий, сильно разнесенных во времени, база данных, содержащая информацию о предметной области, должна иметь хронологическую организацию). В то же время атрибуты субъекта как участника некоторого события являются неизменными.

Событие – мероприятие, обычно имеющее время и место, участником которого являются субъекты. Событиями могут быть: спортивные соревнования; научные конференции, публикации книг и сборников статей; рождения, смерти и бракосочетания, отраженные в метрических книгах. Событие – родовое понятие, которое имеет тип (возможно, с подтипами) и экземпляры.

Для некоторых типов событий может существовать иерархия (спортивное соревнование может состоять из отдельных матчей или партий; отдельные соревнования объединяются в серии; конференция состоит из секций, секции – из докладов, сборник – из статей).

Событие характеризуется своими атрибутами. Атрибуты события могут быть разделены на следующие категории:

– Идентификационные атрибуты – каждый такой атрибут представляет собой уникальный идентификатор в некоторой системе идентификации событий. Событие может не иметь идентификационных атрибутов, если такая система идентификации для данной предметной области не существует (не была создана). Экземпляр события может

иметь неопределенное значение идентификационного атрибута, если оно не был идентифицирован в этой системе идентификации (идентификация не производилась или не дала результатов). В целом идентификация для событий не столь важна, как для субъектов, т.к. информация о событии включает атрибуты участвующих субъектов и атрибуты их участий.

– Именные атрибуты – название события, могут существовать полное и краткое названия. В отличие от субъектов, название события может отсутствовать или не иметь принципиального (в том числе идентификационного) значения.

– Пространственные атрибуты – где произошло событие (частичный или полный адрес, название спортсооружения, вуза, церкви и т.д.). Для составного события такой атрибут может представлять собой совокупность пространственных атрибутов составляющих его событий.

– Временные атрибуты – когда произошло событие (дата и время начала, дата и время окончания). Для составного события такой атрибут может представлять собой – совокупность временных атрибутов составляющих его событий.

– Категория события: для соревнований – турнир, матч, командное соревнование; для конференций – международная, всероссийская, межвузовская; для метрических книг – рождение, смерть, вступление в брак.

Участие – элементарный факт, отражающий задействованность субъекта в событии. Участие – родовое понятие, которое имеет тип и экземпляры.

Участие характеризуется своими атрибутами. Атрибуты участия могут быть разделены на несколько перечисленных ниже категорий.

– Информация о субъекте (инентификационная, именная и прочая).

– Информация о событии (индентификационная, именная и прочая).

– Роль субъекта в событии: для спортивных соревнований – участник, судья, организатор, тренер, капитан команды; для конференций – докладчик, организатор, слушатель; для метрических книг – основной участник (родившийся, умерший, ставіий мужем/женой, мать, отец), свидетель, регистратор.

– Результат участия: для спортивных соревнований – количество сыгранных матчей/партий и набранных очков; для конференций – тема доклада.

2. Варианты задач идентификации субъектов

Задача создания системы идентификации субъектов. На входе есть первичная информация о группе однородных событий (атрибуты

событий и относящихся к ним субъектов и участий). Предполагается, что среди перечисленных в ней субъектов достаточно велика доля таких, которые принимали участие в нескольких из перечисленных событий. Необходимо на основе этой первичной информации создать систему идентификации участников и сопоставить каждое участие с некоторым идентификатором субъекта.

Задача использования систем идентификации субъектов. Дополнительно к входным данным первой задачи, существует одна или несколько систем идентификации субъектов. Необходимо для каждого участия: либо связать его с некоторым идентификатором субъекта из одной из существующих систем идентификации, либо сделать вывод о том, что подходящего идентификатора для него нет, и создать для таких участий дополнительную систему идентификации.

Задача поиска предполагаемых проблем идентификации в существующей базе данных, содержащей информацию о событиях, субъектах и участиях. На входе есть база данных событий, субъектов и участий, при этом каждое участие отнесено к определенному идентификатору субъекта. Необходимо на основе анализа информации из базы данных сделать выводы о наличии (или отсутствии) в ней проблем идентификации субъектов, перечислив найденные проблемы и дав оценку вероятности для каждой из них.

3. Варианты проблем идентификации субъектов

Проблема двойников первого типа (мнимый двойник). Один и тот же субъект связан с двумя (или более) разными идентификаторами субъекта. Т.е. участия, в которых в действительности был задействован один и тот же субъект, отнесены в базе данных к разным идентификаторам субъектов.

Проблема двойников второго типа (реальный двойник). Два (или более) разных субъекта связаны с одним и тем же идентификатором субъекта. Т.е. участия, в которых в действительности были задействованы разные субъекты, отнесены в базе данных к одному и тому же идентификатору субъекта.

Неверная идентификация. Существуют два разных субъекта с разными идентификаторами субъекта, у каждого из них в базе данных есть участия, правильно отнесенные к его идентификатору субъекта, но также существует одно (или более) участий одного из этих субъектов, отнесенных в базе данных к идентификатору другого субъекта. Неверная идентификация является комбинацией проблем двойников первого и второго типа.

4. Источники проблем идентификации субъектов

Основной причиной проблем, перечисленных в предыдущем пункте, является неверная идентификация субъектов по именным атрибутам:

– один зарегистрированный в системе идентификации субъект был принят за другого ввиду сходства значений именных атрибутов;

– зарегистрированный в системе идентификации субъект не был найден ввиду отличий в записи значений именных атрибутов.

Возможны также ошибки при ручном вводе значений идентификационных атрибутов, либо использование значений идентификационных атрибутов из одной системы идентификации для другой.

5. Исправление проблем идентификации субъектов

Решением проблемы неверной идентификации является замена идентификатора субъекта – атрибута участия (некорректного идентификатора субъекта – корректным). Данное действие является относительно простым, как и обратное ему действие, которое может потребоваться выполнить, если проблема будет впоследствии сочтена ложно диагностированной.

Решением проблемы двойников первого типа (мнимых) является объединение этих двойников, т.е. отнесение всех участий, зарегистрированных на одного из этих идентификаторов субъектов, ко второму. Такое действие является относительно простым и может быть выполнено автоматически, однако требует тщательной проверки своей корректности – подтверждения, что во всех перечисленных участиях в действительности был задействован один и тот же субъект, поскольку обратное действие (разделение двойников) – гораздо сложнее.

Решением проблемы двойников второго типа (действительных) является создание нового идентификатора субъекта для одного из субъектов-двойников и исправление всех ссылок для участий, в действительности относящихся к этому субъекту. Такие действия требуют участия администратора базы данных.

6. Поиск вероятных проблем идентификации субъектов

Вероятные двойники первого типа (мнимые) часто имеют полное или близкое к полному совпадение по всей совокупности атрибутов (именным, временным, пространственным и прочим), которые не являются для них неопределенными.

Вероятные двойники второго типа (действительные) также обычно имеют значительное совпадение по большей части атрибутов, не являющихся неопределенными, однако могут иметь и существенные

отличия по некоторым атрибутам. То же самое относится и к случаям неверной идентификации.

Для поиска всех типов проблем полезно также установление неявных связей между сущностями базы данных (например, участие либо неучастие некоторых множеств субъектов в одних и тех же множествах событий).

Заключение

В настоящее время для решения нескольких актуальных задач идентификации субъектов, относящихся к перечисленным в статье категориям, планируется использовать аппарат нейронных сетей, реализованный в виде свободно распространяемых библиотек для языка Python. В качестве подзадач рассматриваются приведение данных для конкретных предметных областей к виду, пригодному для использования в нейронных сетях, выбор архитектуры нейронных сетей и настройка их параметров. Также планируется продолжить анализ различных проблем идентификации субъектов, часть которых рассмотрена в [1-5].

Список литературы

1. Двойники. Объединение. Модерация. [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: https://wiki.is-mis.ru/pages/viewpage.action?pageId=54429982

2. Добрякова, Г. Э. Проблемы идентификации в информационных системах./ Г. Э. Добрякова. // Правовая информатика. – 2014. – №3. – С. 28-32.

3. Kwon, Y. Identifying and removing duplicate records from systematic review searches / Y. Kwon, M. Lemieux, J. McTavish, N. Wathen // Journal of the Medical Library Association. – Oct 2015. – Vol. 103. – Issue 4. – P.184-188.

4. Strategies around handling duplicate contacts and merging. Documentation web site for technology best practices. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://network.progressivetech.org/node/1158

5. Хабр. Боремся с дубликатами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/179789/

Проектирование программного обеспечения подсистемы управления для работы лабораторного комплекса

Р. И. Галлямов, email: leberty61@gmail.com

ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработка лабораторного комплекса микропроцессорной системы промышленной автоматизации, которая позволит студентам получить практические навыки в работе с программируемыми логическими контроллерами.*

Ключевые слова: *микропроцессорная система, ПЛК, программируемый логический контроллер, микросхема, Automation studio, Arduino.*

Введение

В настоящее время трудно представить себе какое-либо производство, в котором отсутствуют элементы автоматизации. Каждое предприятие стремится повысить свою эффективность, улучшить качество выпускаемой продукции и минимизировать издержки [1,2]. Системы автоматики способны защитить дорогостоящее оборудование путем его отключения при какой-либо аварии, а также они направлены на защиту человека. Например, существуют предприятия, где человеку противопоказано находиться. В этом случае автоматизация производства может обеспечивать полное устранение человеческого труда, заменяя его специализированными машинами.

Датчики и исполнительные механизмы, выполняющие непосредственную работу, требуют специализированного управления. Этим занимаются программируемые контроллеры – именно они анализируют сигналы, поступающие с датчиков, и подают управляющие сигналы на исполнительные механизмы.

Несмотря на вышесказанное, человек не исключается из системы. Специалисты выполняют программирование контроллеров на выполнение требуемого алгоритма работы, а также дальнейшую поддержку оборудования в рабочем состоянии.

В настоящее время большинство учебных заведений, выпускающих таких специалистов, не имеют должного оборудования, лабораторных комплексов для изучения основ работы с ныне используемым оборудованием на предприятиях или же состав лабораторных комплексов

© Галлямов Р. И., 2022

оснащен устаревшим оборудованием [3]. Следовательно, актуальной задачей является разработка лабораторного комплекса микропроцессорной системы промышленной автоматизации (МПС ПА) для получения студентами практических навыков в работе с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК).

1. Разработка архитектуры подсистемы управления лабораторного комплекса МПС ПА

Программируемый логический контроллер – микропроцессорное устройство, предназначенное для управления технологическими процессами в промышленности и другими сложными технологическими объектами. Принцип работы ПЛК заключается в сборе сигналов от датчиков и их обработке по прикладной программе с выдачей управляющих сигналов на исполнительные устройства.

Основной целью работы является разработка программного обеспечения подсистемы управления для работы лабораторного комплекса, то стоит рассмотреть принцип работы комплекса. Он будет разделен на две лабораторные работы. Результатом первой будет ознакомление с программным обеспечением «Automation studio». Вторая работа подразумевает сообщение с подсистемой ввода-вывода, которая осуществляет отправку данных и прием команд на выполнение.

В обоих случаях подсистемой управления является ПЛК, его роль выполняет Power Panel 4PPC70.101G-23F от компании B&R [4]. Структура подсистемы проста, она состоит только из самого ПЛК. Все интерфейсы, питание и дисплей, на который можно вывести информацию, находятся в одном устройстве. Во время первой лабораторной работы необходимо подключение периферии ввода-вывода. Здесь она реализована в виде устройства 4XP0043.00-00B так же от компании B&R. Это панель с тремя кнопками, вокруг каждой кнопки имеются окружности со светодиодами, которые могут загораться одним из четырх цветов. Связь с панелью осуществляется при помощи интерфейса X2X. Программирование и симуляции с панелью выполняются в программном обеспечении Automation studio [5].

Для второй лабораторной работы потребуется связать ПЛК с подсистемой ввода-вывода. Связь будет проходить через интерфейс RS485. Так как в подсистеме ввода-вывода отсутствует штатный интерфейс RS485 потребуется преобразователь, микросхема MAX485. Она будет питаться и управляться непосредственно от Arduino UNO, со стороны ПЛК она выполняет только роль интерфейса (рис. 1).

Программная связь между интерфейсами будет осуществляться по протоколу Modbus RTU. Соединение выполнено в формате ведущий-ведомый. Ведомым является подсистема ввода-вывода, ведущим,

соответственно, – ПЛК. Ведущий периодически опрашивает ведомое устройство, передает команды и принимает данные. Стоит отметить, что симуляцию и программирование ведомого устройства невозможно выполнить в Automation studio, так как программа поддерживает только узлы, произведенные или поддерживаемые компанией B&R.

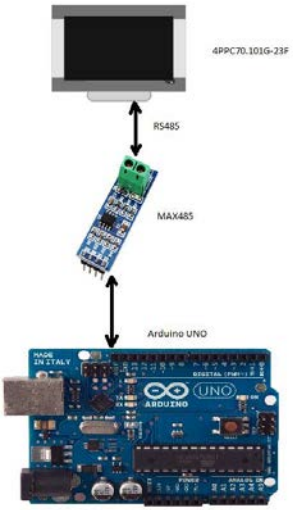


Рис. 1. Связь ПЛК с подсистемой ввода-вывода

Для реализации используется среда разработки Automation studio. К решениям автоматизации относятся контроллеры, компоненты управления движением, модули безопасности и HMI-приложения. Прозрачное проектирование, структурирование настроек и возможность управления множеством настроек обеспечивают эффективную работу над проектом. Среда имеет богатый выбор языков программирования, диагностических средств и редакторов для каждого этапа проектирования. Стандартные библиотеки, предоставленные компанией B&R, и интегрированные языки программирования IEC помогают достигнуть высокого уровня производительности рабочего процесса. Обширный ряд настроек симуляции позволяет отладить и протестировать приложения вне зависимости от аппаратного обеспечения.

При проектировании в Automation studio написанные программы представлены в разделе Logical view. Готовые компоненты программы назначаются к соответствующим конфигурациям в Configuration View. К каждой конфигурации назначается соответствующие аппаратное обеспечение, которое представлено во вкладке Physical View. Построение

проекта в Automation studio происходит по модульному принципу и поддерживает распределенную систему программного обеспечения, что позволяет эффективно работать в команде над одним проектом.

2. Разработка программного обеспечения подсистемы управления стенда МСАП в составе лабораторного комплекса МПС ПА

Под программным обеспечением для управления ведомыми устройствами подразумевается программный код. Программирование контроллера, как было сказано выше, будет выполняться в интегрированной среде программирования B&R Automation Studio.

Как показано на мнемосхеме (рис. 2), данные с датчика через плату Arduino поступают на контроллер [6]. После этого данные обрабатываются, и подсистема управления отправляет необходимые команды Arduino, которая передает их сервоприводам.

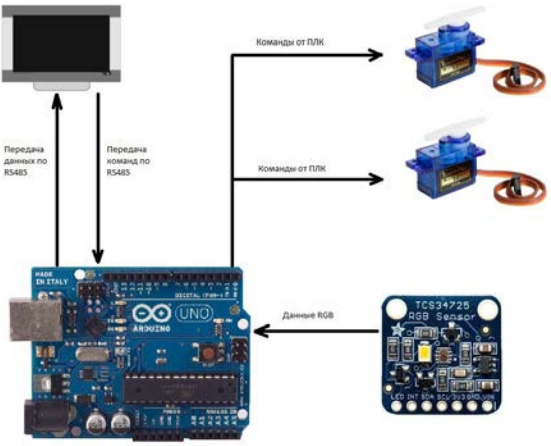


Рис. 2. Мнемосхема процесса работы

Подсистемы будут связываться по протоколу Modbus RTU. Для начала его необходимо настроить. В библиотеке DRV_mbus имеется функциональный блок MBMOpen. Он настраивает интерфейс и инициализирует необходимые внутренние структуры. Используется эта функция в блоке инициализации.

Параметры блока перечислены далее:

– enable активирует функцию;
– pDevice – содержит адрес интерфейса, находящегося на ПЛК;

– pMode – параметры передачи (тип интерфейса, возможность использования бита паритета, биты данных, стоповый бит и скорость передачи);
– pConfig – хранит имя файла Dataobject;
– timeout – время, доступное ведомому устройству для отправки ответа;

Как видно из рис. 3, тип указан интерфейса RS485 и его адрес на контроллере, а также отключена возможность использования бита паритета, указан стоповый бит и скорость передачи задана 9600.

```
PROGRAM _INIT
 (* init program *)

    Cycle.S1:=0;
    Cycle.S2:=0;
    LibDRVmbus.EventPV1 := FALSE;
    LibDRVmbus.EventPV2 := FALSE;
    LibDRVmbus.EventPV3 := FALSE;

    Master.MBMOpen_0.enable     := TRUE;
    Master.MBMOpen_0.pDevice    := ADR('IF9');
    Master.MBMOpen_0.pMode      := ADR('/PHY=RS485 /PA=N /DB=8 /SB=1 /BD=9600');
    Master.MBMOpen_0.pConfig    := ADR('datamod');
    Master.MBMOpen_0.timeout    := 2000;
    Master.MBMOpen_0.ascii      := 0;
    Master.MBMOpen_0();

    LibDRVmbus.LocalPV1[0] := 0;
    LibDRVmbus.LocalPV1[1] := 0;
    LibDRVmbus.LocalPV1[2] := 0;
    LibDRVmbus.LocalPV2 := 0;
    LibDRVmbus.LocalPV3 := 0;
    Color.Average:=0;
    Color.RGB[0]:=0;
    Color.RGB[1]:=0;
    Color.RGB[2]:=0;

END_PROGRAM
```

Рис. 3. Блок инициализации

Остальные переменные в блоке инициализации – это стандартное обнуление переменных при первом включении.

В Automation studio параметры протокола задаются в файле Dataobject (рис. 4).

```
;--------------------
; Modbus command file
;--------------------
"LibDRVmbus.EventPV1          ", 04, $01, "LibDRVmbus.LocalPV1          ", 0000, 0003
"LibDRVmbus.EventPV2          ", 06, $01, "LibDRVmbus.LocalPV2          ", 0000, 0001
"LibDRVmbus.EventPV3          ", 06, $01, "LibDRVmbus.LocalPV3          ", 0001, 0001
; \_____________________/   |    |   \_____________________/     |     |
;          |                |    |            |                  |     |
;          Имя события      |    |  Имя переменной для хранения данных |     |_Количество используемых регистров
;                           |    |                                     |_Номер начального регистра
;                           |    |
;                           |    |_ID адрес ведомомого устройства
;                           |
;                           |_ функция модбас
```

Рис. 4. Файл Dataobject

Первым параметром здесь указывается название события, которое впоследствии используется в коде программы. Далее вводится код функции Modbus. В данном случае используются две функции: 04 – функция чтения нескольких регистров ввода, 06 – запись одного значения в регистр хранения. Третий параметр – это адрес ведомого устройства. После указывается имя переменной для хранения данных. Последние два параметра – это начальный номер регистра и их количество соответственно.

Заключение

В данной работе разработан лабораторный комплекс микропроцессорной системы промышленной автоматизации (МПС ПА) для получения студентами практических навыков в работе с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК).В результате был написан программный код, реализующий работу алгоритма подсистемы управления.

Список литературы

1. Утарбаева, А. А. Анализ и создание информационной системы на предприятии / А. А. Утарбаева, Т. Г. Дидык // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин. – М.: Издательский дом ГУУ, 2018. – С. 238-242.

2. Martynov, V. Electrical Engineering Enterprise's Architecture Modeling as a Basis for its Transformation into Industry 4.0 / V. Martynov, T. Didyk, N. Zvereva, J. Sharonova // 2021 International Seminar on Electron Devices Design and Production (SED) (Prague, Czech Republic, 27-28 April 2021). – 2021. – P. 1-8.

3. Игошева, А. М. Тенденции развития промышленных сетей и устройств промышленной автоматизации / А. М. Игошева // Перспективы развития информационных технологий. – 2015. – С. 28-31.

4. ПЛК B&R [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://br-automation.com/ru/products/hmi/power-panel-t-c-series/power-panel-c-series/power-panel-c70/4ppc70101g-23b/

5. Максимычев, О. И. Программирование логических контроллеров: учебное пособие / О. И. Максимычев, А. В. Либенко, В. А. Виноградов. – Москва: МАДИ, 2016. – С. 188-190.

6. Arduino и Modbus. Habr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/249043/

Пользовательский интерфейс ИИС исследования реологических характеристик связующих полимерных композитов

О. С. Дмитриев, email: phys@tstu.ru
А. О. Дмитриев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Рассмотрено построение пользовательского интерфейса управления экспериментом информационно-измерительной системы исследования реологических характеристик связующих полимерных композитов в процессе отверждения. Приведены основные модули прикладного программного обеспечения, составляющие основу пользовательского интерфейса, рассмотрено их назначение, порядок и особенности функционирования.*

Ключевые слова: *информационно-измерительная система, пользовательский интерфейс, реологические характеристики.*

Введение

Полимерные композиты (ПК) армированные углеродными, стеклянными и органическими наполнителями на основе термореактивных связующих горячего отверждения нашли широкое применение в различных отраслях техники, в том числе в конструкциях летательных аппаратов [1]. Технологический процесс производства изделий из ПК предполагает формообразование и термическое отверждение, качество которых определяется оптимальностью температурно-временного режима и возникает необходимость в математическом моделировании и оптимизации процесса тепло- и массопереноса, а также идентификации характеристик ПК с применением информационно-измерительной системы (ИИС), в силу требования обработки больших объемов экспериментальных данных [2].

Основными характеристиками ПК являются теплофизические, кинетические и реологические, приобретающие особую актуальность в процессах сопровождаемых течением связующего под давлением из препрега во впитывающий слой. При исследовании этих характеристик и управлении ИИС, включающей в свой состав множество различных связанных между собой программных модулей, появляется необходимость в разработке пользовательского интерфейса (ПИ), адаптированного для использования химиком-технологом композитов.

© Дмитриев О. С., Дмитриев А. О., 2022

1. Структура ИИС исследования полимерных композитов

Структура ИИС для исследования характеристик ПК включает в свой состав следующие виды обеспечений [3, 4]:

– математическое – совокупность математических моделей;
– алгоритмическое – совокупность алгоритмов;
– программное – совокупность программного обеспечения (ПО);
– информационное – пользовательский интерфейс, модули информационного отображения и хранения данных (база данных);
– техническое – совокупность всех технических средств;
– организационно-методическое – совокупность документов, устанавливающих состав ИИС, правила эксплуатации и прочее.

Важное место среди перечисленных обеспечений занимает пользовательский интерфейс, как средство взаимодействия пользователя и ИИС, особенно при исследовании реологических характеристик связующих полимерных композитов в процессе отверждения.

2. Построение пользовательского интерфейса и прикладного программного обеспечения ИИС

Пользовательский интерфейс и программное обеспечение ИИС выполнено в интегрированной среде разработки Borland Delphi 7 и представляет собой MDI-приложение (multiple document interface), в которую входят дочерние программы (модули). Программная оболочка снабжена подробной контекстной помощью, что упрощает работу с комплексом и практически не требует специальных навыков. В любой момент времени пользователь комплекса может воспользоваться подсказкой о том, что происходит на экране, и какие действия требуются от него. При задании исходных данных для эксперимента или какого-либо расчета информация "по-умолчанию" подобрана таким образом, чтобы при работе с любым материалом требовалось вносить как можно меньше изменений.

Выбор программ осуществляется посредством главного меню, в котором перечислены все разработанные программы. Пользователю предлагается выбрать любую из задач: проводить эксперимент, рассчитывать характеристики полимерного композита по экспериментальным данным, оптимизировать режим отверждения, просматривать результаты или провести тестирование программ путем решения имитационных задач.

Программа управления экспериментом служит для ввода информации об эксперименте, управления экспериментом и сбора данных. Началом работы с пользовательским интерфейсом и ПО ИИС является запуск программы управления экспериментом.

В начале работы вводятся ряд параметров и сведений, необходимых для работы: прогрета ли ИИС, осуществлять нагрев или отверждение, имя файла для сохранения результатов эксперимента, режим нагрева (монотонный или ступенчатый), период опроса измерительных преобразователей или шаг температурных измерений, максимальная температура и время эксперимента, число каналов и какие из них будут задействованы, а также скорость нагрева образца или напряжение на основном нагревателе (рис. 1).

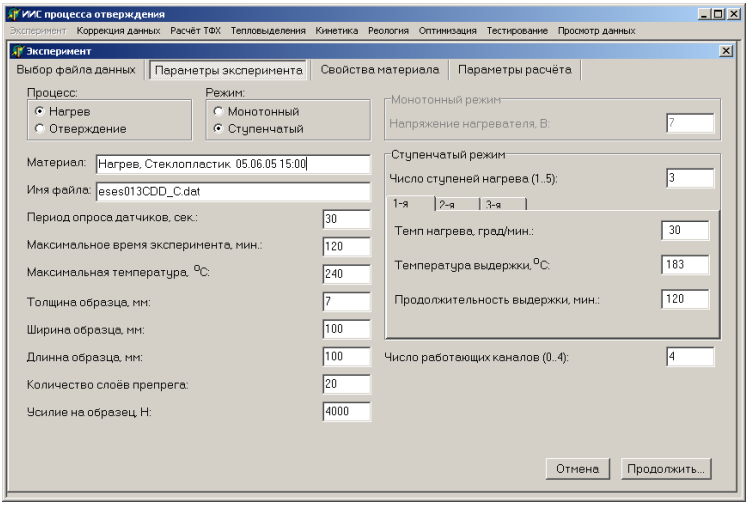


Рис. 1. Ввод исходных данных для проведения эксперимента

После получения от пользователя этих данных, программа запрашивает разрешение на начало эксперимента. Результаты эксперимента отображаются в виде графика и таблицы значений на экране, копия которой записывается на жёсткий диск. Экспериментальная информация, отображаемая на экране в виде таблицы, имеет формат: номер записи, время в секундах от начала эксперимента, напряжение U на нагревателе в вольтах, температура верхнего основного нагревателя ТВ в °С, значения температур внутри образца в 1…4 точках по его толщине, температура нижнего нагревателя ТН, температура среды ТС (свободных концов термопар), толщина образца L. Нажатием на клавиатуре клавиши F8 на экране выводятся графики распределения температуры по толщине образца в зависимости от времени эксперимента и изменения толщины. Возврат в текстовый режим осуществляется повторным нажатием клавиши F8 (рис. 2).

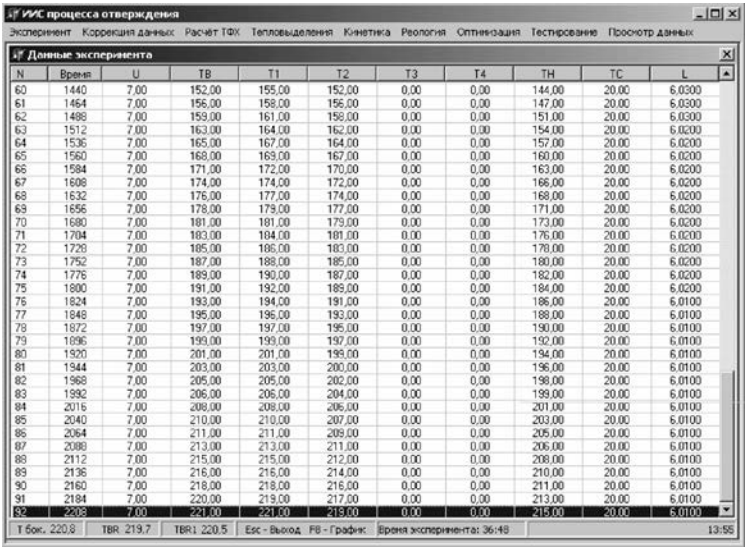


Рис. 2. Ход эксперимента нагрева и усадки образца

Эксперимент завершается при достижении в измерительной ячейке максимальной температуры либо при окончании заданного времени эксперимента. Процесс может быть также прерван нажатием клавиши Esc, причем комплекс запросит подтверждение прерывания во избежание случайных остановок эксперимента.

После завершения основного эксперимента выполняется второй этап, предназначенный для исключения систематических погрешностей. Во втором этапе программой управления отключается основной нагреватель и продолжается регистрация температурного распределения в образце, находящегося в адиабатических условиях.

Для удобства ведения базы данных экспериментальные файлы имеют стандартные имена, комбинирующиеся из букв латинского алфавита и цифр таким образом, что первые четыре символа отражают название материала, а на пятой и шестой позициях записываются буквы "TC" – в случае нагрева отвержденного образца и буквы "TW" – в случае отверждения образца при нагреве. Седьмая и восьмая позиции имени файла занимает порядковый номер эксперимента данного материала.

Программа расчета реологических характеристик течения связующего при отверждении полимерных композитов рассчитывает энергию активации вязкого течения связующего $E_{\mu}(\beta)$ и структурную

составляющую вязкости $\tilde{\mu}(\beta)$. В качестве исходных данных для работы программы используются файлы об изменении толщины образца $L(t_j)$ при отверждении, (см. рис. 3) созданные программой управления экспериментом или коррекции экспериментальных данных и помеченные в имени буквами "TW", а также данные о тепловыделениях $W(t_j)$ при отверждении материала, которые являются результатом обработки термограмм этих же данных программой расчета мощности тепловыделений и помеченные в имени буквой "W". Тепловой эффект реакции отверждения вычисляется путем численного интегрирования мощности тепловыделений $W(t_j)$ по формуле $Q(t) = \int_0^t W(t)dt$ и служит для расчета степени отверждения β. Для расчета двух параметров (энергии активации вязкого течения и структурной составляющей вязкости) необходимо наличие как минимум двух экспериментальных файлов $L_1(t_j)$ и $L_2(t_j)$ данных изменения толщины образца и соответствующих этим данным двух файлов расчета мощности тепловыделений $W_1(t_j)$, $W_2(t_j)$. Если имеется только один такой файл, то энергия активации вязкого течения задается как константа E_μ или как функция $E_\mu(\beta)$ из файла и вычисляется эффективная вязкость $\tilde{\mu}(\beta)$.

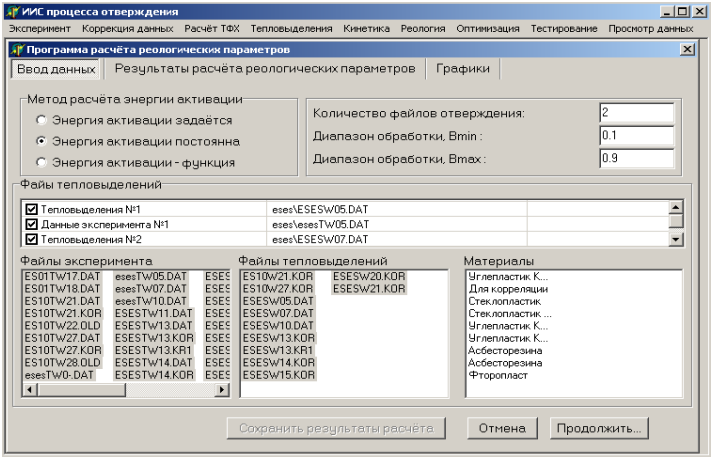


Рис. 3. Ввод исходных данных для расчета реологических характеристик

Задается также диапазон изменения степени отверждения β в пределах которого будет производиться расчет. После ввода всех необходимых параметров запускается программа расчета.

Программа рассчитывает зависимость энергии активации вязкого течения связующего и эффективной или структурной составляющей вязкости от степени отверждения $\beta_1(t) = Q_1(t) / Q_\text{п}$, (где $Q_\text{п} = Q(t_k)$) и записывает эти данные на жёсткий диск в формате: степень отверждения β_j, энергия активации вязкого течения $E_\mu(\beta)$ и натуральный логарифм эффективной или структурной составляющей вязкости $\ln\tilde{\mu}(\beta)$. Такая же таблица выводится на экран для визуального контроля. После просмотра таблицы, пользователю предоставляется возможность оценить графическое представление указанных зависимостей (рис. 4). Имя, вновь созданного файла, формируется замещением в имени файла экспериментальных данных буквы "T" в пятой позиции символом "R".

Полученные реологические характеристики наряду с совместно исследованными теплофизическими, кинетическими характеристиками процесса отверждения поступают в базу данных ИИС и в дальнейшем используются для расчета оптимального температурно-временного режима отверждения изделий из полимерных композитов [2-6].

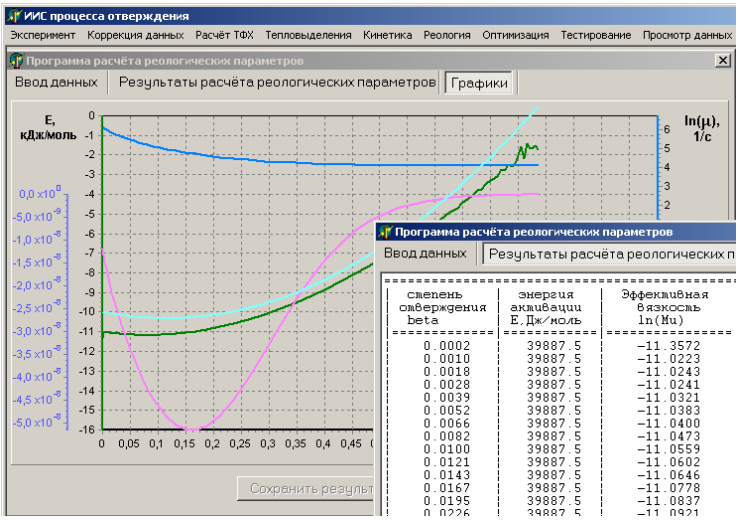


Рис. 4. Вывод результатов расчёта реологических характеристик

Заключение

Предложен пользовательский интерфейс ИИС исследования реологических характеристик связующих полимерных композитов в процессе отверждения, позволяющий вводить данные, представлять входную и выходную информацию в виде таблиц и графиков в режиме реального времени в ходе подготовки и выполнения эксперимента, а также показывать результаты расчетов. Разработанный интерфейс позволяет химику-технологу по производству полимерных композитов легко адаптироваться с работой ИИС и выполнять исследования характеристик.

Список литературы

1. Каблов, Е. Н. Становление отечественного космического материаловедения / Е. Н. Каблов // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2017. – Т. 95. – № 3. – С. 97-105.
2. Дмитриев, О. С. Определение оптимальных режимов отверждения толстостенных изделий из полимерных композитов / О. С. Дмитриев, В. Н. Кириллов, А. О. Дмитриев, А. В. Зуев // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 5. – № 10. – С. 467-475.
3. Дмитриев, О. С. Интегрированная информационно-измерительная система исследования свойств и расчета режимов отверждения полимерных композитов / О. С. Дмитриев, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев И. С. Касатонов, С. О. Дмитриев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14. – № 2. – С. 230-240.
4. Дмитриев, О. С. Измерительно-вычислительная система для исследования свойств клеевых препрегов и расчета режимов отверждения ПКМ на их основе / О. С. Дмитриев, В. Н. Кириллов, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 6. – С. 22-28.
5. Дмитриев, О. С. Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов / О. С. Дмитриев, И. В. Малков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22. – № 3. – С. 427-438.
6. Дмитриев, О. С. Численно-аналитическое решение нелинейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова // Инженерно-физический журнал. – 2018. – Т. 91. – № 6. – С. 1426-1437.

Разработка приложения «Заметки репетитора»

Е. Р. Ершова, email: elizers@mail.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена проектированию и разработке приложения для планирования занятий, ведения заметок, а также отслеживания доходов репетитора. Рассмотрены основные этапы разработки, описаны основные функции системы.*

Ключевые слова: *MVVM, WPF, модель данных, репетиторство, планирование, занятие, расписание, доход.*

Введение

Репетиторство – особая область преподавательской деятельности, которая требует от педагога не только хорошего владения предметом и методикой преподавания, но и умения обнаружить учебные затруднения, чтобы помочь ученику справиться с тем, в чём у него возникают трудности.

В данной сфере нужно постоянно составлять расписания занятий. К каждому ученику необходим индивидуальный подход. Значит следует помнить, на чём остановился каждый школьник и какие темы нужно проработать. Также желательно отслеживать оплату.

Бывают ситуации, когда у репетитора не находится сдачи с оплаты или же ученик по каким-либо причинам не платит полную сумму занятия сразу. Тогда необходимо следить за этим, помнить каждую дату и сумму.

С появлением персональных компьютеров репетиторам стало проще вести заметки в текстовых редакторах. Однако необходимость иметь под рукой календарь, а также отслеживать оплату привела к тому, что приходилось скачивать новые приложения и дублировать очень много информации. Но и работать в нескольких приложениях сразу не очень удобно.

1. Постановка задачи

Необходимо разработать приложение «Заметки репетитора», предоставляющее пользователю возможность составлять расписание занятий, отслеживать выполнение заданий каждым учеником, а также вести учёт денежных средств.

В приложении должны быть реализованы следующие возможности:

© Ершова Е. Р., Матвеева М. В., 2022

– создание записей с учениками;
– хранение данных об учащихся и занятиях;
– редактирование текстовых заметок;
– составление расписания занятий с каждым учеником;
– добавление и редактирование занятий с каждым учеником;
– возможность вести учёт заработной платы репетитора.

2. Функциональность приложения

Пользователь имеет следующие возможности:
– создание новых учеников;
– создание и форматирование записей для конкретного человека;
– планирование уроков;
– добавление домашних заданий;
– отслеживание долгов и переплат.

3. Структура приложения

В приложении использован MVVM-подход к разработке (Model-View-ViewModel) [1]. Это шаблон проектирования архитектуры приложения, направленный, главным образом, на платформы, которые поддерживают связывание данных и элементов пользовательского интерфейса Windows Presentation Foundation (WPF) [2]. Его модель представлена на рис. 1.



Рис. 1. Model-View-ViewModel

Основные компоненты:

– Model – содержит логику для программы, которая извлекается ViewModel после собственного получения ввода от пользователя через View.

– View – представление данных. Это пользовательские интерфейсы (UI), анимация и текст.

– ViewModel – находится между слоями View и Model. В нём размещаются элементы управления для взаимодействия с представлением, а привязка используется для подключения элементов пользовательского интерфейса в представлении к элементам управления в ViewModel.

– DataBinding (Binder) – указатель-связка между данными и непосредственным их представлением на графическом интерфейсе.

Связки возможны благодаря описанным в ViewModel свойствам, к которым Model может иметь доступ напрямую, минуя посредников.

Преимуществом данного подхода является наличие тесной связи между моделью и представлением посредством DataBinding связки, что позволяет отображению динамически меняться при изменениях модели, минуя посредников. ViewModel здесь выступает, скорее, как контекст, который может обрабатывать события, а также указывает, какие именно данные должны быть связаны с отображением.

4. Модель данных

Данное приложение подразумевает хранение информации в базе данных [3]. Перед созданием базы данных выполняется проектирование её структуры на логическом и физическом уровнях.

Логическая модель, реализованная с помощью программы Erwin Data Modeler, изображена на рис. 2.



Рис. 2. Логическая модель данных

5. Реализация

Схема работы приложения представлена на рис. 3.

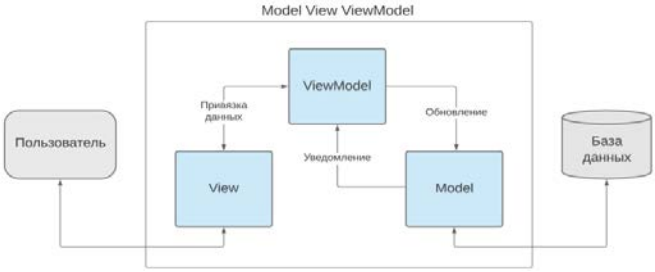


Рис. 3. Схема работы приложения

Пользователь взаимодействует с представлением (View), которое будет запускать методы в зависимости от таких событий, как движения мыши или нажатия клавиш. Представление используется не только для пользовательского ввода, но и для отображения вывода – результатов некоторых действий.

Представление наблюдает за изменениями различных наблюдаемых свойств модели представления (ViewModel). Модель представления обрабатывает вводимые пользователем данные на основе бизнес-логики и изменяет соответствующее наблюдаемое свойство.

Модель (Model) описывает используемые в приложении данные, которые получены из базы данных.

6. Интерфейс пользователя в разделе «Календарь»

При запуске приложения пользователь видит окно календаря, представленное на рис. 4. В календаре отображается текущий месяц с назначенными занятиями [4]. Встреча называется фамилией учащегося для более быстрого восприятия. При нажатии любого дня календаря неделя, на которой находится выбранная ячейка, будет представлена в виде дней [5].

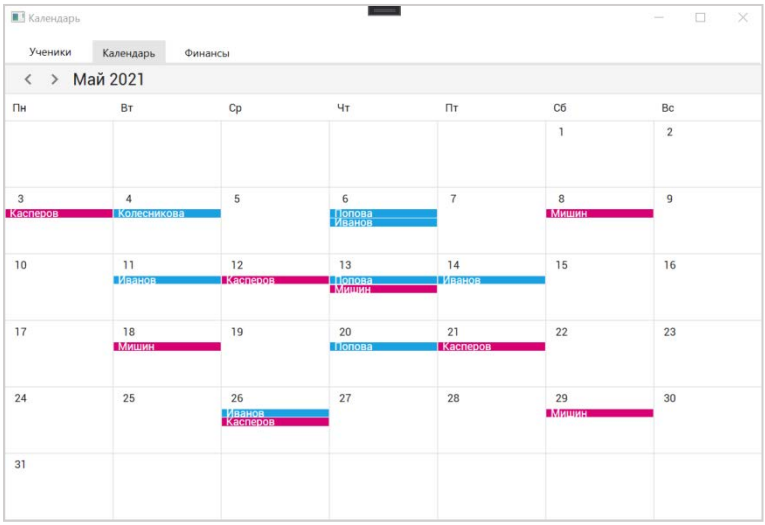


Рис. 4. Окно раздела Календарь

7. Интерфейс пользователя в разделе «Ученики»

При нажатии на вкладку Ученики пользователь видит окно, представленное на рис. 5.

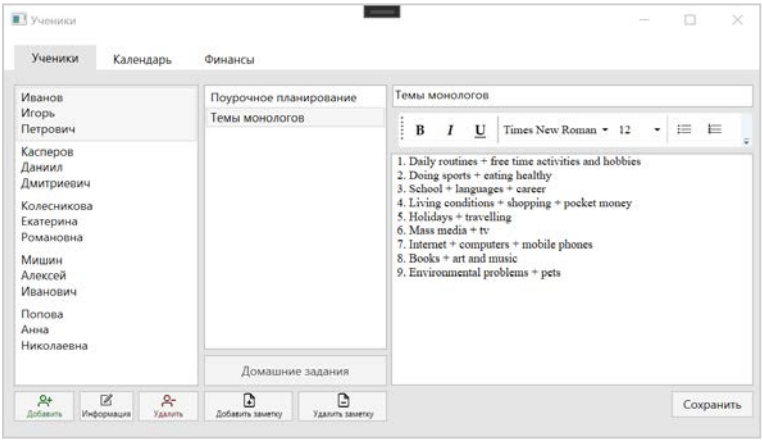


Рис. 5. Окно раздела Ученики

В левой части данного раздела представлен список учеников. Пользователь может добавлять или удалять учеников, а также смотреть информацию о каждом учащемся. В центральном списке для каждого ученика отображаются заголовки записей, которые можно как добавлять, так и удалять. Здесь же присутствует кнопка для отслеживания всех домашних заданий у каждого обучающегося.

Содержимое каждой записи, а также её продублированное название представлено в текстовом поле справа.

8. Интерфейс пользователя в разделе «Финансы»

При нажатии на вкладку Финансы пользователь видит окно, представленное на рис. 6., на котором отображены:

- все даты занятий, у которых заполнено домашнее задание;
- день недели, в который прошёл урок;
- студент, с которым был урок;
- стоимость занятия;
- фактический платёж ученика.

После того, как занятие с учеником прошло, репетитору необходимо добавить тему, домашнее задание, комментарий и оплату ученика. Для того, чтобы это сделать, необходимо нажать на кнопку «Добавить» в нижнем левом углу текущего раздела.

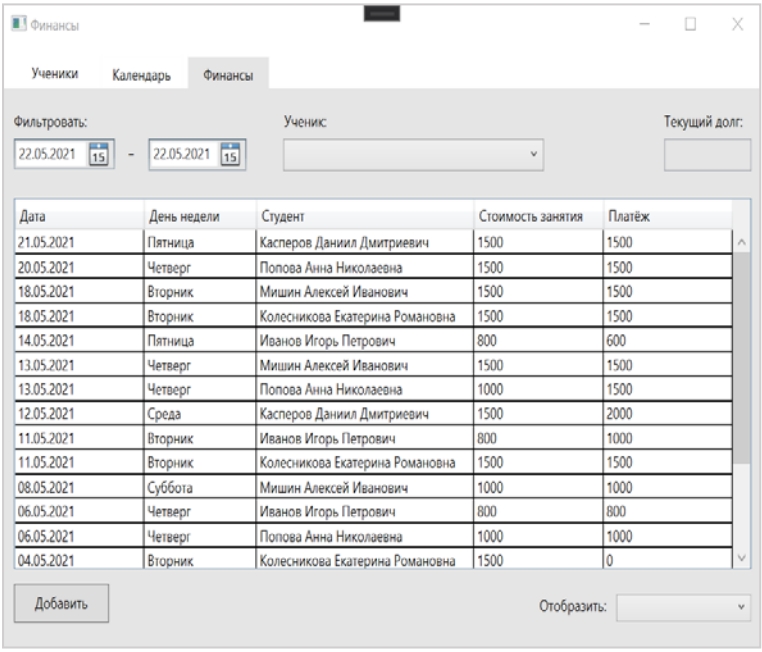


Рис. 6. Окно раздела Финансы

Заключение

В результате работы было разработано приложение, предоставляющее пользователю возможность составлять расписание занятий, отслеживать выполнение заданий каждым учеником, а также вести учёт денежных средств.

В приложении реализовано создание записей с учениками, хранение данных об учащихся и занятиях, редактирование текстовых заметок. Предоставлена возможность составления расписания занятий с каждым учеником, а также добавление и редактирование занятий с каждым учеником. Помимо этого, предусмотрен учёт репетитором заработной платы.

На данный момент используется локальная база данных. В дальнейшем планируется разработать android-приложение и синхронизировать его с desktop-версией, используя клиент-серверную архитектуру.

Список литературы

1. Фленов, М. Е. Библия C# / М. Е. Фленов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 512с.

2. WPF TimePicker [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://www.syncfusion.com/wpf-controls/timepicker

3. PostgreSQL [Электронный ресурс] : документация / The PostgreSQL Global Development Group. – Режим доступа : https://www.postgresql.org/docs

4. Class SfScheduler [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://help.syncfusion.com/Syncfusion.UI.Xaml.Scheduler.SfScheduler.html

5. Information about SfSchedule [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://www.syncfusion.com

Алгебраические модели нечетких интеллектуальных систем с использованием (max-prod)-композиции

И. В. Клейменов, e-mail: alenor96@gmail.com
С. Д. Махортов, e-mail: msd_exp@outlook.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Описываются алгебраические структуры, моделирующие интеллектуальные системы с нечеткими правилами. Рассматривается (max-prod)-композиция нечетких отношений для моделирования нечеткого логического вывода и построения логического замыкания данного класса отношений. В результате обосновывается корректность использования нового определения композиции нечетких отношений на решетке при решении ряда задач, в частности, задач об эффективном распределении ресурсов.*

Ключевые слова: *нечеткие продукции, FLP-структура, (max-prod)-композиция, логическое замыкание, логическая редукция.*

Введение

Построение и исследование формальных моделей компьютерных систем нередко основывается на алгебраических структурах [1]. Это в полной мере относится и к инженерии знаний, включающей широко распространенные на практике продукционные системы [2-3].

Ранее был получен ряд результатов, связанных с логическими системами продукционного типа. Разработана основанная на алгебраических решетках теория LP-структур (lattice production structures) [4], позволяющая решать задачи эквивалентных преобразований, верификации и минимизации баз знаний. Предложен и исследован метод обратного логического вывода (релевантный LP-вывод) [5], позволяющий снизить число обращений к внешним источникам информации. На основе этих работ построена теория LP-структур с нечетким отношением (FLP-структуры), введено понятие логической редукции FLP-структуры, доказаны теоремы о ее существовании и способе построения [6-7]. Для прикладных систем они обосновывают эквивалентную минимизацию нечетких баз знаний.

Настоящая работа посвящена развитию теории FLP-структур. В частности, предлагается альтернативный способ построения алгебраической модели интеллектуальной системы с нечеткими правилами, позволяющий более эффективно решать определенные

© Клейменов И. В., Махортов С. Д., 2022

классы практических задач, например задачи об эффективном распределении ресурсов.

1. Актуальность (max-prod)-композиции

Рассмотрим простой пример задачи, в которой необходимо эффективно распределить сотрудников по рабочим местам на основании теста, который вычисляет оценки навыков сотрудников. Пусть имеются три сотрудника – *A*, *B* и *C*, три рабочих места – «грузчик», «продавец-консультант» и «бухгалтер», а также четыре атрибута – «физическая сила», «коммуникативность», «инициативность» и «внимательность». Каждое рабочее место имеет собственный набор коэффициентов для характеристики работника, отражающий, насколько тот или иной навык важен для профессии. Запишем эти требования в виде бинарного отношения – таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Требования профессий к характеристикам работников

	Физ. сила	Коммуник	Инициативность	Внимательность.
Грузчик	0.8	0.3	0.5	0.6
Продавец-консультант	0.3	0.8	0.7	0.6
Бухгалтер	0.3	0.5	0.5	0.9

Далее в таком же виде представим результаты теста, пройденного кандидатами на рабочие места (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики работников

	A	*B*	*C*
Физ. сила	0.5	0.4	0.9
Коммуник.	0.7	0.9	0.2
Инициативность	0.7	0.9	0.6
Внимательность	0.9	1	0.5

Попробуем найти композицию данных отношений, чтобы определить наилучших кандидатов на каждое место. Для этого будем использовать известную формулу композиции отношений, описанную, например, в [8], а именно (max-min)-композицию:

$$\mu_{R^2}(a,c) = \max(\min(\mu_R(a,b), \mu_R(b,c))).$$

Получим следующий результат, представленный в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты эффективности кандидатов на рабочие места

	A	*B*	*C*
Грузчик	0.6	0.6	0.8
Продавец-консультант	0.7	0.8	0.6
Бухгалтер	0.9	0.9	0.5

Согласно представленной таблице, наиболее эффективным распределением кандидатов будет следующее: *A* – бухгалтер, *B* – продавец-консультант и *C* – грузчик. Однако данное распределение не учитывает тот факт, что работник *B* превосходит работника *A* по важным для бухгалтера характеристикам, и присваивает им одинаковый коэффициент эффективности. При решении такого рода задачи (max-min)-композиция позволяет находить минимально подходящего кандидата, но не самого эффективного.

Рассмотрим альтернативный способ вычисления композиции отношений, а именно через максимум и произведение –

$$\mu_{R^2}(a,c) = \max(\mu_R(a,b) \times \mu_R(b,c)).$$

Получим следующий результат композиции отношений (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент эффективности кандидатов на рабочих местах, рассчитанный с применением (max-prod)-композиции

	A	*B*	*C*
Грузчик	0.54	0.6	0.72
Продавец-консультант	0.56	0.72	0.42
Бухгалтер	0.81	0.9	0.35

Сравнивая результаты в таблицах 3 и 4, нетрудно заметить, что значение коэффициента эффективности кандидата *B* теперь превосходит значение коэффициента кандидата *A* для позиции бухгалтера. Поэтому более адекватное распределение кандидатов будет выглядеть следующим образом: *A* – продавец-консультант, *B* – бухгалтер и *C* – грузчик. При решении данной задачи (max-prod)-композиция позволила увеличить влияние характеристик кандидатов на конечное распределение их по профессиям, сделав его более эффективным.

На основе приведенных выше результатов можно сделать вывод об актуальности применения (max-prod)-композиции для решения ряда

практических задач, в частности, задачи об эффективном распределении кандидатов по рабочим местам.

2. Замыкание и преобразование FLP-структур

Напомним основные понятия FLP-структур, изложенные в [6].

Нечеткое множество $A=(F,\mu_F)$ определяется функцией принадлежности $\mu_F : F \to [0,1]$ на некотором (обычном) множестве F. Значение $\mu_F(a)$ называется степенью принадлежности a к F. Нечеткое бинарное отношение R на множестве F – это нечеткое множество упорядоченных пар элементов из F с заданной функцией принадлежности $\mu_R : F \times F \to [0,1]$. Отношения могут обладать свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности [8]. Кроме того, в работе [6] введено понятие дистрибутивности нечеткого бинарного отношения на математической решетке.

В отличие от [6], в настоящей работе с целью моделирования нечеткого логического вывода будем использовать (max-prod)-композицию. Для отношения R на множестве F композиция $R^2 = R \circ R$ определяется следующим образом:

$$\mu_{R^2}(a,c) = \max(\mu_R(a,b) \times \mu_R(b,c)) \text{, где } a,b,c \in F \quad (1)$$

Опишем свойства дистрибутивности и транзитивности отношения на решетке с учетом нового определения композиции.

Дистрибутивность:

$$\mu_R(A,B) \geq \max(\mu_R(A,B_1) \times \mu_R(A,B_2)) \ (\forall B_1, B_2 : B_1 \cup B_2 = B) \quad (2)$$

Транзитивность:

$$\mu_R(A,C) \geq \max(\mu_R(A,B) \times \mu_R(B,C)) \ (\forall B) \quad (3)$$

Покажем, что для (max-prod)-композиции свойство транзитивности отношения R эквивалентно вложению $R^2 \subseteq R$.

Из (1, 3) имеем $\mu_{R^2}(a,c) \leq \mu_R(a,c) \Rightarrow R^2 \subseteq R$.

В обратную сторону:

$$R^2 \subseteq R \Rightarrow \mu_{R^2}(a,c) \leq \mu_R(a,c) \Rightarrow$$

$$\max(\mu_R(a,b) \times \mu_R(b,c)) \leq \mu_R(a,c) \Rightarrow$$

$$\mu_R(a,c) \text{ - транзитивно}$$

Будем рассматривать заданное на решетке $\mathbb{F}$ нечеткое отношение R, обладающее свойствами транзитивности и дистрибутивности, а также содержащее $\supseteq$. Такое отношение называется *логическим* [6].

Логическим замыканием нечеткого отношения R на решетке называется наименьшее логическое отношение, содержащее R. Неформально замыкание содержит полный набор логических выводов, возможных в моделируемой продукционной системе. Для доказательства его существования в работе [6] введено понятие отношения логической связи. Сформулируем его для нашего случая, заменив последнее правило вычисления отношения таким образом, чтобы оно соответствовало определению (max-prod)-композиции.

Определение 1. Пусть задано нечеткое отношение R на решетке $\mathbb{F}$. Отношение $\overline{R}$ логической связи пар $A, B \in \mathbb{F}$ определяется функцией принадлежности $\overline{\mu}_R$, значение $\overline{\mu}_R(A,B)$ которой вычисляется как *максимальное* из следующих вариантов его вычисления:

1. $\overline{\mu}_R(A,B) = \mu_R(A,B)$
2. если $A \supseteq B$, то $\overline{\mu}_R(A,B) = 1$, иначе $= 0$;
3. $\overline{\mu}_R(A,B) = \overline{\mu}_R(A,B_1) \times \overline{\mu}_R(A,B_2)$ $(\forall B_1, B_2 : B_1 \cup B_2 = B)$;
4. $\overline{\mu}_R(A,B) = \overline{\mu}_R(A,C) \times \overline{\mu}_R(C,B)$ $(\forall C \in \mathbb{F})$.

Рекурсивное определение 1 по данному R задает новое нечеткое отношение $\overline{R}$ на решетке $\mathbb{F}$, которое содержит R, $\supseteq$, а также обладает дополнительными свойствами. Условия 1)-4) называются правилами вывода логических связей, где правило 3) называется *дистрибутивным*, а правило 4) – *транзитивным*.

Шагом вывода логической связи называется последовательное применение ровно одного правила к конечному множеству элементов решетки. Например:

если $B_{1,t} \cup B_{2,t} = B_t$, $\overline{\mu}_R(A_t, B_{1,t}) > 0$, $\overline{\mu}_R(A_t, B_{2,t}) > 0$,

то $\overline{\mu}_R(A_t, B_t) = \overline{\mu}_R(A_t, B_{1,t}) \times \overline{\mu}_R(A_t, B_{2,t})$, $t \in T$;

если $\overline{\mu}_R(A_t, C_t) > 0$, $\overline{\mu}_R(C_t, B_t) > 0$,

то $\overline{\mu}_R(A_t, B_t) = \overline{\mu}_R(A_t, C_t) \times \overline{\mu}_R(C_t, B_t)$, $t \in T$.

Количество шагов вывода, необходимое для вычисления $\overline{\mu}_R(A,B)$, называется уровнем рекурсии, при этом учитываются лишь применения рекурсивных правил 3)-4). В случае логической связи, основанной только на применении правил 1) и 2), уровень рекурсии равен нулю.

Используя введенные здесь правила логического вывода, докажем утверждения о существовании логического замыкания отношения.

Лемма. Пусть R – логическое отношение на решетке $\mathbb{F}$, и $A, B \in \mathbb{F}$. Тогда справедливо $\bar{\mu}_R(A,B) = \mu_R(A,B)$, то есть $\bar{R} = R$.

Доказательство. Проведем его с помощью индукции по m – уровню рекурсии в вычислении $\bar{\mu}_R(A,B)$. При $m = 0$ имеет место одно из условий 1)-2) определения 1. Случай 1) непосредственно означает справедливость доказываемого утверждения. В случае 2) $\mu_R(A,B) = 1 = \bar{\mu}_R(A,B)$, поскольку логическое отношение R содержит и $\supseteq$.

Предположим далее, что лемма верна для некоторого $m \geq 0$, и докажем ее утверждение при уровне рекурсии $m+1$. В этом случае новые для рассмотрения варианты могу дать правила 3)-4).

Рассмотрим вариант, когда $\bar{\mu}_R(A,B)$ на заключительном шаге вывода строится с применением правила 3) определения 1. По предположению индукции $\bar{\mu}_R(A,B_1) = \mu_R(A,B_1)$, $\bar{\mu}_R(A,B_2) = \mu_R(A,B_2)$.

Отсюда по правилу 3) определения 1 имеем

$$\bar{\mu}_R(A,B) = \bar{\mu}_R(A,B_1) \times \bar{\mu}_R(A,B_2) = \mu_R(A,B_1) \times \mu_R(A,B_2),$$

то есть $\bar{\mu}_R(A,B) \leq \max(\mu_R(A,B_1) \times \mu_R(A,B_2))$.

Далее, с учетом свойства дистрибутивности отношения R, получим $\mu_R(A,B) \geq \max(\mu_R(A,B_1) \times \mu_R(A,B_2))$. Таким образом, $\bar{\mu}_R(A,B) \leq \mu_R(A,B)$.

С другой стороны, так как $\bar{R} \supseteq R$, то $\bar{\mu}_R(A,B) \geq \mu_R(A,B)$. Таким образом, предыдущее неравенство может быть выполнено только при $\bar{\mu}_R(A,B) = \mu_R(A,B)$. Следовательно, $\bar{R} = R$.

Если же величина $\bar{\mu}_R(A,B)$ на последнем шаге вывода строится с применением правила 4), то будем использовать свойство транзитивности отношения R. Получим

$$\begin{cases} \mu_R(A,C) \geq \max(\mu_R(A,B) \times \mu_R(B,C)) \\ \bar{\mu}_R(A,C) = \bar{\mu}_R(A,B) \times \bar{\mu}_R(B,C) \leq \max(\mu_R(A,B) \times \mu_R(B,C)) \end{cases}$$

Аналогично предыдущему случаю, так как $\bar{R}$ содержит R, то $\bar{\mu}_R(A,B) = \mu_R(A,B)$ и $\bar{R} = R$.

Теорема. Для произвольного отношения R на решетке $\mathbb{F}$ логическое замыкание существует и совпадает с нечетким отношением логической связи $\bar{R}$, определяемым функцией принадлежности $\mu_{\bar{R}}(A,B) = \bar{\mu}_R(A,B)$.

Доказательство. Согласно определению 1, отношение $\overline{R}$ является логическим. Остается показать, что $\overline{R}$ является наименьшим логическим отношением, содержащим R.

Пусть R_2 – произвольное логическое отношение, содержащее R. Тогда $R \subseteq R_2 \Rightarrow \overline{R} \subseteq \overline{R}_2$, при этом $\overline{R}_2 = R_2$. Следовательно, построенное в определении 1 отношение $\overline{R}$ содержится в произвольно выбранном R_2, и соответственно представляет собой наименьшее логическое отношение, содержащее R.

Заключение

В настоящей работе предложен альтернативный способ вычисления композиции нечетких отношений на решетке – (max-prod)-композиция. Приведен пример задачи, для которой данный способ оказывается более эффективным, произведено сравнение результатов.

Рассмотрены базовые вопросы о существовании логического замыкания нечеткого отношения, построенного с использованием (max-prod)-композиции. Основываясь на полученных результатах, можно говорить о релевантности применения модифицированных FLP-структур для решения определенного класса задач, в частности, задач об эффективном распределении ресурсов.

Список литературы

1. Бениаминов, Е. М. Алгебраические методы в теории баз данных и представлении знаний / Е. М. Бениаминов. – М. : Научный мир, 2003. – 184 с.
2. Maciol, A. An application of rule-based tool in attributive logic for business rules modeling / A. Maciol // Expert Systems with Applications. – 2008. – Vol. 34. – Iss. 3. – Pp. 1825-1836.
3. Дородных, Н.О. Использование диаграмм классов UML для формирования продукционных баз знаний / Н.О. Дородных, А.Ю. Юрин // Программная инженерия. – 2015. – №4. – С. 3-9.
4. Махортов, С.Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / С.Д. Махортов ; Под ред. В. А. Васенина. – М. : Издательство МЦНМО, 2009. – 304 с.
5. Махортов, С. Д. Релевантный обратный вывод и верификация логических программ на основе решения уравнений в LP-структурах / С. Д. Махортов // Методы и средства обработки информации: Третья Всероссийская научная конференция. Москва, 6-8 октября 2009 г.: Труды конференции / Под ред. Л.Н. Королева. – М. : ВМиК МГУ, 2009. – С. 143-148.

6. Махортов, С. Д. О логической редукции алгебраической модели интеллектуальной системы с нечеткими правилами / С. Д. Махортов, И. В. Клейменов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж, 2019. – № 3. – С. 67-78.

7. Makhortov, S. D. Algebraic Models for Big Data and Knowledge Management / S. D. Makhortov // 22nd International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2020), Selected Proceedings. Communications in Computer and Information Science. – Cham : Springer, 2021. – Vol. 1427. – P. 19-26.

8. Рыжов, А. П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А. П. Рыжов. – М. : Диалог-МГУ, 2003. – 81 с.

Использование операторного языка для реализации операций, обеспечивающих специализированные исследовательские системы

А. А. Рубан, email: andreygrigorev0@gmail.com
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
А. Э. Майдан, email: alexeymaidan2003@gmail.com

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе продемонстрированы преимущества операторного языка, используемого для реализации алгоритмов для прикладной области исследования и распознавания информационного содержания волн, что не исключает возможность применения его и в других предметных областях. Представленный операторный язык оптимизирует использование компьютерных ресурсов, позволяет облегчить разработку требуемых алгоритмов в терминах затрагиваемой предметной области решать и обеспечивает его расширение.*

Ключевые слова: *Функциональный оператор, семантический оператор, предметная область, синонимия, макрообработка*

Введение

В рамках работ по исследованию и распознаванию информационного содержания волн [1] создание программных средств ведется как на языках высокого уровня, так и на ассемблере. Использование макроязыка позволило уйти от трудоемкости написания программ в терминах команд компьютера и разработать специализированный язык операторов. Постепенное расширение набора операторов привело к созданию целой системы инструментов, которые по своему функционалу стали близки к языкам высокого уровня и, кроме того, обеспечили гибкость в именовании и оформлении операторов. Таким образом, появилась возможность конструировать специализированные алгоритмы в терминах предметной области и в то же время определять «смысл» производимых действий на содержательном уровне в терминах этой предметной области.

При разработке языка операторов был выбран язык FASM [1], который обеспечил возможность создавать любой необходимый набор операторов, в том числе и возможность именования операторов на

© Рубан А. А., Балакирев Н. Е., Майдан А. Э., 2022

русском языке. Создание такого рода языка в рамках исследований в области извлечения информационного содержания волн позволяет нам решать следующие задачи:

1. Формализовать специализированные операции работы с данными через набор функциональных операторов
2. Оформить такие специализированные операции, опирающиеся на формализованные операторы, в виде синтаксических конструкций, понятных по содержанию и удобных в применении. Семантическая «нагрузка» на такие синтаксические конструкции может быть переопределена через синонимию таких конструкций.
3. Обеспечить систематизацию используемых системных библиотек и оптимизацию используемых ресурсов при написании программ.
4. Предоставить возможность упрощения представления основных системных директив при оформлении программ (Например, Начало_Программы или же Конец_Программы).
5. Разрешить проблемы совместного использования различных кодировок при оформлении программ.
6. Решение поставленных задач достигается через:
7. Множество форм представления операторов.
8. Предоставление сервиса для систематизации и оптимизации используемых ресурсов.
9. Упрощение представления основных системных директив при оформлении программ.
10. Обеспечению сервиса по совместному использованию различных кодировок при оформлении программ.

1. Множество форм представления операторов.

Фактически, наличие макроязыка ассемблера позволило нам создать набор операторов, который со временем стал расширяться, что и привело к созданию инструментария в виде языка структурных операторов. Все созданные операторы в таком языке имеют два взаимосвязанные формы:

1. Функциональная форма.
2. Семантическая форма.

Функциональный оператор ориентирован на оптимальную реализацию обобщенного алгоритма и по форме подобен вызову процедуры с параметрами. Функциональный оператор представляет из себя последовательность команд, которая появится после развертывания макроса с учетом входных параметров, также он представляет из себя последовательность команд, которые обеспечат действия, декларируемые в семантической части с момента их выполнения.

Например, имеется следующая задача:

Необходимо установить отношение между тремя беззнаковыми переменными и перейти с учетом установленного отношения в одну из 13 точек программы для дальнейшей обработки. Значения, между которыми требуется установить отношение, будут находится по адресам AX, BX, CX. А 13 точек перехода будут именоваться P1, P2,…., P13. Тогда под именем UC!ABCJmp мы имеем функциональную форму оператора, которое будет реализовывать это действие через определенную последовательность команд.

При исследовании и распознавании информационного содержания волн часто используется оператор установления отношения между тремя переменными.

Пример обращения к функциональной форме такого оператора для решения поставленной задачи продемонстрирован на рис. 1.

```
UC!ABCJmp   AX,BX,CX,P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10,P11,P12,P13,ExiPloxo
```

Рис. 1. Обращение к функциональной форме оператора

При использовании только лишь функциональной формы такого оператора возникают трудности, такие как:

– Слабая наглядность передаваемых параметров оператору при обращении.

– При большом количестве возможных адресов для передачи управления в программе, возникает потребность все время держать в голове или где-то смотреть при каком условии произойдет передача управления по тому или иному адресу.

Семантический оператор реализует наиболее удобную для разработчика программы форму обращения к функциональному оператору. Имя семантического оператора может отражать смысловое содержание предметной области. Обращение к параметрам семантического оператора может содержать не используемые в функциональном операторе комментарии, вводимые при помощи символа «$», дающие информацию о предназначении, используемых при обращении к семантической части оператора, параметров и другую описательную информацию.

Механизм макрообработки позволяет относительно одного функционального оператора иметь множество синонимов семантических операторов, таким образом привязывая лингвистически функциональный оператор к предметной области.

Близость к естественно – языковому описанию алгоритмов в терминах той предметной области, к которой он относится, облегчает отслеживание смысла обработки данных и по факту является взаимно-

однозначным описанием того, что в конечном итоге исполняется в программе. Любые другие описания принятые в технологии производства программного продукта будут лишь некоторой проекцией реального хода обработки информации. Кроме этого, при необходимости разбора содержания проще разбираться в терминах предметной области, данные которой и обрабатываются соответствующей программой. Пример обращения к семантической части оператора для решения той же самой задачи продемонстрирован на рис. 2.

```
1  УчитываяОтношенияWПерейти\
2          A?B?C?\
3                  $<\>Real=>                P1\
4                   $</>Real=>               P2\
5                    $<-->Real=>             P3\
6                     $</``>Real=>           P4\
7                      $<_/>Real=>           P5\
8                       $<``\>Real=>         P6\
9                        $<\_>Real=>         P7\
10                        $</\>Real=>        P8\
11                         $</\.>Real=>      P9\
12                          $<./\>Real=>     P10\
13                           $<\/>Real=>     P11\
14                            $<`\/>Real=>   P12\
15                             $<\/`>Real=>  P13\
16                              $bad=>       ПлохойВыход
```

Рис. 2. Обращение к семантической форме того же оператора с вводимыми комментариями

Как видно на рис. 2 при обращении к семантической форме оператора установления отношения между тремя беззнаковыми переменными, после указания основного семантического ключа «УчитываяОтношенияWПерейти», по которому идет обращение к семантической форме оператора, указываются три переменные, между которыми требуется установить отношение. В данном семантическом ключе присутствует символ «W», что означает то, что отношение устанавливается между словными (2 байта) переменными. После семантического ключа идут 13 точек перехода, куда будет передано управление в программе при установлении определенного класса отношений между тремя переменными. Вводимые комментарии при помощи символа «$» позволяют наглядно увидеть при каких исходных значениях будет передано управление по тому или иному адресу. Например, на рис. 2 в строке номер 3 после символа «$» указывается

описательная информация, которая говорит о том, что передача управления в программе по адресу, указанному после «=>», «P1» произойдет в том случае, если (A>B) & (B>C), например, такой переход произойдет, если, например, (A=9), (B=8), (C=6).

В строке номер 10 на рис. 2 находится описательная информация, которая дает понять о том, что передача управления в по адресу, указанному после «=>», «P8» произойдет в том случае, если (A<B) & (B>C) & (A=C). Такой переход произойдёт, если, например, (A=5), (B=8), (C=5). Графическое обозначение введенного комментария продемонстрировано на рис. 3.

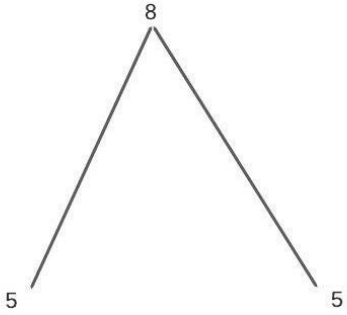


Рис. 3. Графическое обозначение комментария при переходе по адресу P8

В примере обращение к семантической форме оператора на рис. 2 использовался символ «\» для переноса частей оператора при обращении к ним на следующую строку. Такой способ позволяет структурировать обращение к оператору и сделать его более наглядным и понятным для восприятия.

2. Использование языка операторов для систематизации и оптимизации используемых ресурсов при написании программ

Предлагаемый язык операторов позволяет производить систематизацию и минимизацию используемых ресурсов при составлении программы, посредством особого набора операторов, представляющих из себя макроопределения, которые позволяют подключать или отключать наборы библиотек операторов, представленных в виде обособленных групп.

Отключение или включение операторов происходит через редактирование Общего Списка Операторов, в котором все операторы поделены на группы и находятся в упорядоченном состоянии. Набор

операторов можно упорядочить в любом желаемом порядке (по алфавиту, номерам и т.д.) Общий список операторов предоставляется каждому пользователю языка, и он может быть индивидуальным, в зависимости от потребностей пользователя.

При начале написания программы следует подключить нулевой набор операторов, который предоставляет доступ к функционалу для минимизации используемых ресурсов. Внутри такого набора происходит подключение общего списка операторов, а также подключение списка системных операторов, доступных для редактирования с точки зрения подключения или отключения требуемых операторов. Данный набор операторов позволяет:

1. Подключать или отключать необходимые библиотеки в оперативном режиме без изменений в файле INCALL.inc.
2. Подключать или отключать необходимые системные библиотеки в оперативном режиме без изменений в файле SYSALL.inc.

При помощи оператора, начинающегося с «!», мы имеем возможность при выборе ресурсов, который нам будут нужны при составлении программы, выбрать только те ресурсы, которые нам требуются. В рамках данного оператора после «!» указывается:

– Наименование оператора, которое включает файлы, имеющие данное имя оператора.

– Порядковый номер оператора.

– Символы «+», «-» или «*». Нужный оператор будет подключен, если присутствует знак «+» в строке с его именем, где также указан путь доступа к макроопределению с таким именем. Наличие знака минус «-» означает запрет на подключение данного оператора. Знак «*» означает, что библиотека оператора уже подключена другой строкой с ОПЕРАТОРОМ, входящим в эту же библиотеку.

– Путь к файлу, где находится сам оператор.

Пример использования общего списка операторов для подключения или отключения нужных ресурсов продемонстрирован на рис. 4.

На рис. 4 продемонстрировано, что оператор с порядковым номером 1 подключен, так как после порядкового номера указан символ «+», а вместе с ним и подключены операторы под номерами 2-6, так как данные операторы находятся в одном файле и при подключении одного – подключаются и остальные, на что указывает символ «*» после порядковых номеров операторов.

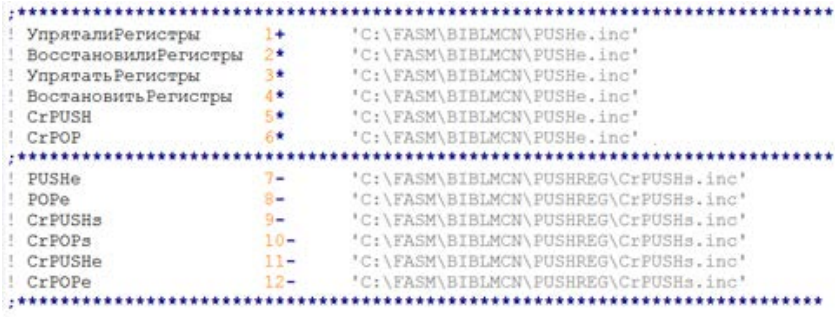


Рис. 4. Фрагмент списка операторов

Так же в данном фрагменте присутствуют операторы под номерами 7-12, которые являются английскими вариантами операторов 1-6, так как данный набор на момент создания фрагмента не использовался, то он был отключен путем установления символа «-» после порядкового номера в строке.

Такая технология помогает существенно минимизировать ресурсы, используемые в программах.

Списку операторов должен предшествовать «нулевой» набор операторов, который обеспечивает работу с такими списками. Такая система работы позволяет, не обращаясь к документации, получить информацию о возможных действиях по управлению подключением библиотек.

Использование только необходимого набора операторов для любой программы экономит память и обеспечивает удобство при разборе и получении листинга вашей программы.

3. Упрощение представления основных системных директив в языке структурных операторов

Одна из главных идей создания такого языка операторов – приближение именования используемых операторов при написании текста программы к предметной области, для которой пишется текст программы, а, соответственно, и приближение описания программы к более человечному понимаю, что в свою очередь дает программисту возможность выразить интерпретацию алгоритма человеческим языком. Немало важным моментом для воплощения в жизнь данной идеи является упрощение представления основных системных директив, которые задают трафарет программы, или же можно сказать «шапку» программы.

Использования языка FASM позволило нам реализовать системные операторы, направленные на облегчение использование некоторых

системных директив, например, начала программы или объявления сегмента команд и сегмента данных. В реализованных операторах, любой параметр, с которым мы обращаемы к шаблону, сопровождается ключевым словом, которому присваивается конкретное значение. Пример трафарета программы продемонстрирован на рис. 5.

```
include 'C:\FASM\MZERO.inc'

НАЧАЛО_Программы Форма=PE,Вывод=Console,Имя_Входа=start
СЕКЦИЯ_ДАННЫХ Имя=data,Чтение=+,Запись=+

; Данные пишутся здесь

СЕКЦИЯ_КОМАНД

; Текст программы пишется здесь

СЕГМЕНТ_ИМПОРТА
```

Рис. 5. Трафарет программы

4. Обеспечение совмещения различных кодировок при оформлении программ.

В ходе написания текста программы и исполнения написанных программ, когда используются операторы, которые именуются на русском языке, при выдаче разного рода распечаток на русском языке при работе операторов, а также при задании констант, именуемых на русском языке, наблюдается конфликт между кодировками, которые используются в разных текстовых редакторах, таких как (Notepad ++) и кодировкой, которая используется операционной системой при выдаче текста в терминал. В связи с таким конфликтом кодировок наблюдаются «некорректные» символы при выдаче текста на консоль или же может наблюдаться несогласованность имен макроопределений (операторов) при их макровызове.

Для распечатки русского текста из программы требуется кодировка «OEM 866». Если изменить кодировку файла, допустим, при помощи редактора «Notepad ++» и при этом использовать операторы, именуемые на русском языке, то транслятор ассемблера FASM будет неправильно интерпретировать имена операторов. Также при использовании разных кодировок в «Notepad ++» для разных файлов, которые взаимно используются, тоже произойдет конфликт. Из чего следует, что при использовании в одном проекте разных файлов, все они должны иметь одну кодировку.

Из всего выше сказанного появляется задача перевода «на лету» из кодировки «Windows-1251» в кодировку «OEM 866» для текстового редактора «Блокнот», а также из кодировки «utf-8» в кодировку «OEM 866» для «Notepad ++» для выше описанных случаев.

Существует возможность применения «ручного» кодирования текстов на русском языке при помощи задания русских символов через константы, которые соответствуют кодировке «OEM-866» (при помощи таблицы кодировок). Но при большом объеме текстовой информации, которую нужно выдать в терминал, такой способ является весьма затруднительным.

Для решения данной проблемы были разработаны служебные операторы, которые переводят из кодировки «Windows-1251» или «utf-8» в кодировку «OEM 866» при представлении имен в тексте программы на уровне трансляции, так же задании констант, содержащих текст на русском языке для его распечатки в процессе выполнения программы.

При задании русского текста в кодировке «Windows-1251» достаточно лишь уменьшить коды всех используемых символов на 64 (промежуток от 0C0h до 080h) и будет получена кодировка «OEM 866». А вот для редактора «Notepad ++» при задании кодировки «Windows-1251» текстовый редактор кодирует каждую русскую букву 2-ух байтовым кодом «utf-8», что требует перекодирования из 2-ух байтового кода в однобайтовый код «OEM 866».

Было реализовано 4 служебных оператора. Для текстового редактора «Notepad ++»:

– Оператор «dbr» – для задания текстовых констант.
– «Print!Rfall» – для представления возможности печати во время трансляции.

Для текстового редактора «Блокнот»:

– «dbb» – для задания текстовых констант.
– «Print!Bfall» – для представления возможности печати во время трансляции.

При задании и распечатки текстовых констант (или другое применение), имеются издержки по использованию памяти, так как остаток от 2-х байтового кода приходится заполнять пробелами. Всё это происходит из-за ограничений транслятора FASM, который не позволяет сместить счетчик текущего байта назад.

Для применения реализованных операторов достаточно знать лишь их имя. Например, для задания текстовой константы достаточно лишь написать «dbr ‘Распечатка’». Использование таких операторов упростило технологию создания языка операторов на русском языке и было включено в практикум по курсу «Машинно-ориентированные языки».

Список литературы

1. Рубан, А. А. Методы создания специализированных языковых и процедурных инструментов для оптимальной реализации алгоритмов для прикладных предметных областей/ А. А. Рубан, Н. Е. Балакирев, М. В. Зеленова, М. М. Фадеев, В. С. Родионов // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXI Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2021 г.). – Воронеж, 2021. – С. 139-146.

2. Flat assembler. Assembly language resources [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : https://flatassembler.net

Реализация протокола MODBUS RTU на микроконтроллерах семейства STM32

А. Ю. Савинков, email: savinkov_a_yu@sc.vsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Аннотация. *В данной работе предложена эффективная реализация протокола MODBUS RTU на микроконтроллере семейства STM32 с использованием расширенных аппаратных возможностей приемопередатчика UART микроконтроллера.*

Ключевые слова: *протокол MODBUS, MODBUS RTU, UART, RS-485, микроконтроллер, STM32.*

Введение

MODBUS – коммуникационный протокол для связи между электронными устройствами. Первая версия спецификаций MODBUS была опубликована в 1979 году. Протокол был разработан американской компанией Modicon (MOdular DIgital CONtroller – модульные цифровые контроллеры), созданной в 1968 году специально для разработки электронных модулей управления гидравлической трансмиссией GM Hydramatic. С 1996 года компания Modicon принадлежит французской корпорации Schneider Electric.

В настоящее время протокол MODBUS широко применяется в промышленности и находит все более широкое применение в системах умного дома и интернета вещей, в связи с чем часто возникает необходимость реализации протокола MODBUS в микроконтроллере. Наибольшее распространение получила разновидность протокола MODBUS RTU, реализующая бинарную передачу данных по линии RS-485 с использованием UART микроконтроллера, поэтому в дальнейшем будем иметь в виду именно эту разновидность протокола.

Ввиду архитектурных и аппаратных различий (разная периферия) применяемых микроконтроллеров невозможно сделать единую унифицированную реализацию MODBUS RTU, поэтому разработчику программного обеспечения (ПО) приходится делать собственную реализацию для каждого частного случая. Для упрощения этой задачи разработано множество библиотек MODBUS, например [2. 1, 2. 2, 2. 3]. Идея таких библиотек состоит в абстрагировании от аппаратных

© Савинков А. Ю., 2022

особенностей UART микроконтроллера с помощью специального драйвера и реализации протокола MODBUS на абстрактном интерфейсе UART. Теперь для поддержки MODBUS достаточно реализовать только драйвер UART для используемого микроконтроллера. Преимущества такого подхода состоит в его универсальности, но ему также свойственен ряд существенных недостатков:

– для расширения применимости библиотеки интерфейс абстрактного UART предельно минимизируется, в результате теряется возможность использования аппаратных возможностей конкретного микроконтроллера;

– отказ от использования аппаратных возможностей UART микроконтроллера, например от возможности аппаратного обнаружения таймаута передачи, увеличивает объем и вычислительную сложность программы, что может быть критично в условиях ограниченности доступного объема памяти и быстродействия микроконтроллера;

– необходимость использовать драйвер UART увеличивает объем программного кода, что может быть критично в условиях ограниченного объема памяти микроконтроллера.

В докладе предлагается вариант реализации протокола MODBUS RTU для ведомого устройства на основе микроконтроллера семейства STM32, не требующий драйвера и максимально использующий аппаратные возможности микроконтроллера. Предложенный подход применим только для микроконтроллеров с поддержкой прямого доступа к памяти (DMA) приемопередатчика UART, аппаратного управления приемопередатчиком RS-485 и аппаратного детектирования отсутствия принимаемых данных на интерфейсе UART в течение заданного времени. Микроконтроллеры семейства STM32 получили очень широкое применение в системах автоматики и интернета вещей и многие из них предоставляют необходимые аппаратные возможности, поэтому предлагаемое решение обладает достаточной общностью и может быть широко использовано.

1. Общие сведения о протоколе MODBUS

Протокол MODBUS в настоящее время развивается Modbus Organization [2. 4], которая позиционирует себя как группу независимых пользователей и поставщиков устройств автоматизации. На официальном сайте Modbus Organization можно скачать последнюю версию спецификацию протокола MODBUS [2. 5], а также спецификации для различных физических каналов передачи, в том числе для MODBUS RTU через RS-485 [2. 6].

Протокол MODBUS построен на основе модели ведущий-ведомый. При использовании MODBUS RTU ведомые устройства имеют

уникальные адреса на линии RS-485 в диапазоне 1…247. Ведущее устройство адреса не имеет. Ведомое устройство представлено как набор адресуемых регистров четырех типов (см. таблицу), которые могут читаться или записываться ведущим устройством.

Таблица

Адресуемые регистры

Тип регистра	Разрядность регистра, бит	Вид доступа
Дискретный вход (Discrete Input)	1	Только чтение
Флаг (Coil)	1	Чтение и запись
Регистр ввода (Input Register)	16	Только чтение
Регистр хранения (Holding Register)	16	Чтение и запись

При необходимости, для представления данных ведомого устройства могут использоваться несколько регистров, например, если датчик устройства (например, термометр) предоставляет результаты в виде float32, то для чтения данных измерения может использоваться пара регистров ввода, при этом размещение числа float32 в двух регистрах (порядок байт) не регламентируется стандартом. Чтение и запись регистров может выполняться как индивидуально (по одному), так и блоками смежных регистров, начиная с заданного. Ввиду ограничений формата данных MODBUS RTU за одну операцию может быть прочитано (записано) не более 2000 (1968) однобитных регистров и не более 125 (123) 16-битных регистров.

Формат пакета данных MODBUS RTU показан на рис. 1.

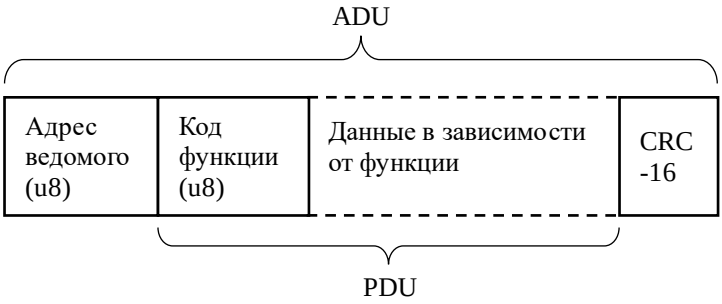


Рис. 1. Структура кадра MODBUS RTU

Полный пакет, передаваемый по физическому каналу, включающий адрес ведомого и CRC, называют ADU – Application Data Unit. ADU инкапсулирует PDU – Protocol Data Unit – данные MODBUS, не зависящие от среды передачи. Формат и размер PDU определяется кодом функции и числом регистров, которые должны быть записаны или прочитаны.

Текущая версия спецификации MODBUS определяет 21 функцию ведомого устройства. Обязательная реализация всех функций не требуется, устройство может реализовать только часть функций, требуемых для его работы. Наиболее часто реализуются следующие функции доступа к регистрам:

– чтение группы флагов (Read Coils) / код функции 1;
– чтение группы дискретных входов (Read Discrete Inputs) / код функции 2;
– чтение группы регистров хранения (Read Holding Registers) / код функции 3;
– чтение группы регистров ввода (Read Input Registers) / код функции 4;
– запись одного флага (Write Single Coil) / код функции 5;
– запись одного регистра хранения (Write Single Register) / код функции 6;
– запись группы флагов (Write Multiple Coils) / код функции 15 (0x0f);
– запись группы регистров хранения (Write Multiple Registers) / код функции 16 (0x10).

Формат PDU запроса и ответа для функций чтения регистров (функции 1-4) показан на рис. 2.

Запрос ведущего устройства:

Код функции (u8)	Адрес первого регистра: от 0 до 65535 (u16)	Число регистров: от 1 до 2000 для однобитных или до 125 для 16-битных регистров (u16)

Ответ ведомого устройства:

Код функции (u8)	N: от 1 до 125 (u8)	Данные ответа: N байт для однобитных или 2N байт для 16-битных регистров

Рис. 2. PDU запроса и ответа для функций чтения регистров

Данные однобитных регистров побитно упаковываются в байты ответа в порядке от младшего бита к старшему. Первый байт ответа содержит значения первых 8 регистров из диапазона запроса, второй байт – следующие 8 регистров и т.д. Данные 16-битных регистров передаются с использованием двух байт, первый байт ответа содержит 8 старших битов первого регистра из диапазона запроса, второй байт – оставшиеся 8 младших битов регистра и т.д.

Формат PDU запроса для функций записи одного регистра (функции 5, 6) показан на рис. 3.

Код функции (u8)	Адрес регистра: от 0 до 65535 (u16)	Код 0 или 0xff00 для однобитного регистра или значение от 0 до 65536 для 16-битного регистра (u16)

Рис. 3. PDU запроса для функций записи одного регистра.

Для очистки флага используется код 0, а для установки – 0xff00. Значение регистра хранения записывается явно в виде 16-битного числа. Ответ ведомого устройства является копией запроса.

Формат PDU запроса и ответа для функций записи группы регистров (функции 15, 16) показан на рис. 4.

Устанавливаемые состояния флагов побитно упаковываются в байты запроса в порядке от младшего бита к старшему. Первый байт запроса содержит установки первых 8 флагов из диапазона запроса, второй байт – следующие 8 флагов и т.д. Данные для записи в16-битные регистры хранения передаются с использованием двух байт, первый байт ответа содержит 8 старших битов данных для первого регистра из диапазона запроса, второй байт – оставшиеся 8 младших битов данных и т.д.

2. Реализация протокола MODBUS

Реализация содержит ядро, выполняющее прием и передачу данных через UART, проверку и контрольной суммы, проверку адреса, извлечение управляющих данных запросов (адреса и число регистров), вызов внешних функций работы с данными (зависят от устройства, реализуются как функции обратного вызова) и отправку ответа ведущему устройству. Предполагается использование STM32 HAL и операционной системы FreeRTOS.

Запрос ведущего устройства:

Код функции (u8)	Адрес первого регистра: от 0 до 65535 (u16)	Число регистров: от 1 до 1968 для однобитных или до 123 для 16-битных регистров (u16)	N (u8)	Данные для записи: N байт для однобитных или 2N байт для 16-битных регистров

Ответ ведомого устройства:

Код функции (u8)	Адрес первого регистра: от 0 до 65535 (u16)	Число регистров: от 1 до 1968 для однобитных или до 123 для 16-битных регистров (u16)

Рис. 4. PDU запроса и ответа для функций записи группы регистров.

Интерфейс ядра MODBUS приведен в листинге 1.

Листинг 1

```
/* Контекст устройства и функция инициализации */
typedef struct {
  UART_HandleTypeDef* huart; /* UART микроконтроллера */
  uint8_t address; /* адрес данного устройства */
  MODBUS_RegAccess_Proc_t read_coils_proc;
  MODBUS_RegAccess_Proc_t read_discrete_inputs_proc;
  MODBUS_RegAccess_Proc_t read_holding_registers_proc;
  MODBUS_RegAccess_Proc_t read_input_registers_proc;
  MODBUS_RegAccess_Proc_t write_coils_proc;
  MODBUS_RegAccess_Proc_t write_holding_registers_proc;
} MODBUS_Context_t;
void MODBUS_Init(MODBUS_Context_t* context);

/* Главная функция ядра MODBUS
MODBUS_Status_t MODBUS_ProcRequest();
```

Таким образом, для реализации ведомого устройства MODBUSA RTU на микроконтроллере достаточно определить функции обратного вызова для реализации функций MODBUS, инициализировать UART, заполнить контекст (экземпляр структуры MODBUS_Context_t) и вызвать функцию инициализации ядра MODBUS. Нет необходимости устанавливать все функции обратного вызова. При попытке использовать

функцию MODBUS, для которой не установлена функция обратного вызова, ядро MODBUS автоматически отправит ответ ведущему устройству с кодом ошибки Illegal Function.

Функция MODBUS_Init() устанавливает обработчики событий UART для STM32 HAL и настраивает обработку таймаута при приеме данных, чтобы определить окончание передачи пакета MODBUS. Согласно спецификации MODBUS, при передаче пакета данных не должно быть пауз, длительностью более одного символа, а соседние пакеты должны разделяться промежутком не менее 3.5 символов. Код функций обработки событий UART приведен в листинге 2.

Листинг 2

```
/* Функции обратного вызова UART */
void MODBUS_RxEventCallback(UART_HandleTypeDef *huart,
  uint16_t Size) {
  MODBUS_receiver_counter += Size;
  HAL_UARTEx_ReceiveToIdle_DMA(MODBUS_context->huart,
    MODBUS_adu_buffer + MODBUS_receiver_counter,
    MODBUS_MAXIMUM_ADU_SIZE – MODBUS_receiver_counter);
}
void MODBUS_TransmitCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart) {
  UNUSED(huart);
  osSignalSet(MODBUS_execution_thread,
    MODBUS_THREAD_WAKEUP_SIGNAL);
}
void MODBUS_ErrorCallback(UART_HandleTypeDef *huart) {
  SET_BIT(huart->Instance->ICR,
    USART_ICR_PECF | USART_ICR_FECF | USART_ICR_NCF |
    USART_ICR_ORECF | USART_ICR_RTOCF);
  HAL_UART_AbortReceive(huart);
  osSignalSet(MODBUS_execution_thread,
    MODBUS_THREAD_WAKEUP_SIGNAL);
}
```

Вся функциональность ядра MODBUS реализуется функцией MODBUS_ProcRequest(), которая должна вызываться в цикле, желательно в отдельной задаче FreeRTOS, например, как показано в листинге 3.

Листинг 3

```
void StartRtosTask(void const * argument) {
  static MODBUS_Context_t mb_context = {
    .huart = &huart1,
    .read_holding_registers_proc = ReadHoldingRegisters,
    .write_holding_registers_proc = WriteHoldingRegisters,
    .read_input_registers_proc= ReadInputRegisters
  };
```

Окончание листинга 3

```
  mb_context.address =100;
  MODBUS_Init(&mb_context);
  for(;;) {
    MODBUS_ProcRequest();
  }
}
```

Фрагмент кода функции MODBUS_ProcRequest() приведен в листинге 4.

Листинг 4

```
/* обрабатывает принятый пакет и отправляет ответ */
MODBUS_Status_t MODBUS_ProcRequest() {
…
  /* очищаем счетчик принятых данных и флаги ошибок UART */
  MODBUS_receiver_counter = 0;
  SET_BIT(MODBUS_context->huart->Instance->ICR,
    USART_ICR_PECF | USART_ICR_FECF | USART_ICR_NCF |
    USART_ICR_ORECF | USART_ICR_RTOCF);

  /* очищаем регистр принятых данных UART */
  uint8_t rd = (uint8_t)READ_REG(
    MODBUS_context->huart->Instance->RDR); UNUSED(rd);

  /* прием данных через DMA до конца пакета (определяется по
таймауту приемника), но не более максимально возможного
размера пакета */
  HAL_UARTEx_ReceiveToIdle_DMA(MODBUS_context->huart,
    MODBUS_adu_buffer, MODBUS_MAXIMUM_ADU_SIZE);

  /* блокируем вызывающий поток до приема пакета */
  while (osSignalWait(MODBUS_THREAD_WAKEUP_SIGNAL,
    osWaitForever).status != osEventSignal) {}

  /* проверка принятого пакета */
  if ((READ_REG(MODBUS_context->huart->Instance->ISR) &
    (USART_ISR_PE | USART_ISR_FE | USART_ISR_NE |
    USART_ISR_ORE)) != 0) {
    return MODBUS_Status_UartError;
  }
  if (MODBUS_Crc16(MODBUS_adu_buffer,
    MODBUS_receiver_counter) != 0) {
    return MODBUS_Status_CrcError;
  }
  if (MODBUS_adu_buffer[0] != MODBUS_context->address) {
    return MODBUS_Status_AddressMismatch;
  }
```

Окончание листинга 4

```
  /* селектор функций */
  switch (MODBUS_adu_buffer[1]) {

  /* функции чтения регистров */
  case MODBUS_FUNCTION_READ_COILS:
  case MODBUS_FUNCTION_READ_DISCRETE_INPUTS:
  case MODBUS_FUNCTION_READ_HOLDING_REGISTERS:
  case MODBUS_FUNCTION_READ_INPUT_REGISTERS:
  {
…
  }
  break;

  /* функции записи одного регистра */
  case MODBUS_FUNCTION_WRITE_SINGLE_COILS:
  case MODBUS_FUNCTION_WRITE_SINGLE_REGISTER:
  {
…
  }
  break;

  /* функции записи группы регистров */
  case MODBUS_FUNCTION_WRITE_MULTIPLE_COILS:
  case MODBUS_FUNCTION_WRITE_MULTIPLE_REGISTERS:
  {
…
  }
  break;

  /* все остальные функции не поддерживаются */
  default:
    SendException(MODBUS_Exception_IllegalFunction);
    return MODBUS_Status_FunctionCallbacNotDefined;
  }

  return MODBUS_Status_UnknownError;
}
```

Заключение

Предложенная модель реализации протокола MODBUS RTU на микроконтроллере семейства STM32 позволяет максимально использовать аппаратные возможности UART микроконтроллера и довольно экономична в использовании ресурсов. Ответ ведущему устройству формируется непосредственно в буфере запроса, а благодаря использованию DMA удается избежать лишних копирований данных и использования промежуточных буферов. Предложенное решение использовалось в реальных проектах, в том числе с использованием

контроллера STM32F030K6Tx с объемом ОЗУ всего 4 кБ и объёмом памяти программ 32 кБ.

Список литературы

1. Библиотека MODBUS [Электронный ресурс] : сайт разработчика. – Режим доступа: https://libmodbus.org/

2. Библиотека MODBUS [Электронный ресурс] : облачное хранилище. – Режим доступа: https://github.com/alejoseb/Modbus-STM32-HAL-FreeRTOS

3. Библиотека MODBUS [Электронный ресурс] : облачное хранилище. – Режим доступа: https://sourceforge.net/projects/freemodbus.berlios/

4. Официальный сайт организации Modbus Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://modbus.org/

5. Спецификация протокола MODBUS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf

6. Спецификация MODBUS RTU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf

Проектирование и разработка технологического стека для обеспечения релизного процесса в рамках облачной разработки для крупного корпоративного решения

М. В. Старкин, e-mail: starkin_mihail@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Аннотация. *На основе текущего технологического стека, который используется в корпоративном решении, были разработаны дополнительные инструменты, с помощью которых было налажено взаимодействие между командами для обеспечения релизного процесса.*

Ключевые слова: *релиз, автоматизация, пайплайн.*

Введение

В процессе разработки на одном большом проекте могут участвовать множество команд, такие как разработчики, инженеры по тестированию, DevOps и релиз-инженеры. В процессе поддержки и разработки программного продукта требуется фиксировать определенные версии продукта, необходимые для различных команд. Это могут быть новые релизные версии, версии, несущие в себе срочные исправления, версии, имеющие в себе новый определенный набор изменений. Если продукт является микросервисным, и микросервисов в его составе достаточно много, процесс ручного отведения релиза и сопутствующих операций, например, контроль версий, становится очень затратным по таким критериям, как время и ресурсы. Если релизную версию проекта требуется отводить раз в определенный достаточно большой промежуток времени, и это можно реализовать с помощью ручного труда релиз-инженеров, то версии с исправлениями, наоборот, должны выпускаться постоянно, и в последствии они должны устанавливаться на продуктовое оборудование, оборудование инженеров по тестированию, разработчиков.

Чтобы наладить процесс передачи новых версий продукта от разработчиков к инженерам по тестированию для последующего тестирования и сделать его более прозрачным, была поставлена задача спроектировать и разработать систему, которая позволяла бы отслеживать поток разработанных, протестированных, а также выданных заказчику версий.

© Старкин М. В., 2022

1. Текущее состояние системы

Для дальнейшего описания требуется определить некоторые основные понятия и технологии, которые будут использоваться в дальнейшем.

Пайплайн – последовательность выполнения стадий, каждая из которых включает несколько задач [1]. Docker – программное обеспечение для автоматизации развёртывания и управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации. Релиз – версия продукта, которая является итогом некоторого отрезка разработки, содержащая в себе обновление кодовой базы продукта.

Перед тем как начать проектирование новой системы, необходимо провести анализ текущего состояния системы и определить основные проблемы.

Разработка и конфигурация продукта происходит в рамках трех основных этапов, уровней (рис. 1).

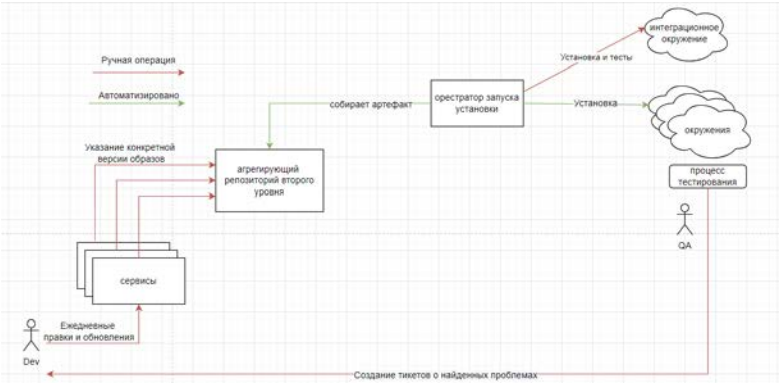


Рис. 1. Схематичное упрощенное представление первых двух уровней

Первый уровень – уровень репозитория, то есть непосредственно кодовая база микросервисов. В результате их сборки через удаленный инстанс Jenkins происходит генерация Docker-образов, использующихся в дальнейшем. Далее идет второй уровень – проектный. Это также репозиторий в используемой системой управления репозиториями кода, который содержит в себе указания на все микросервисы, из которых состоит продукт. В текущем варианте используется прямое указание на версии используемых микросервисов – на конкретные версии Docker-образов. Это один из недостатков текущей системы, так как при каждом изменении в сервисе необходимо обновить Docker-образ в данном

репозитории. Но с другой стороны это предоставляет определенный плюс в том, что сборка с определенного коммита всегда даст одинаковый результат, тем самым, обеспечивая воспроизводимость определенного состояния [1]. Этот метод предоставляет возможность определения, какие образы были использованы путем простого просмотра файлов внутри репозитория. Результатом сборки этого агрегирующего сервиса является новая версия манифеста приложения-продукта, который и будет устанавливаться через удаленный инстанс Jenkins в некоторое PaaS окружение. Третий уровень – сборка итогового артефакта, который будет выдан заказчику. Включает в себя информацию о версии продукта, то есть манифест, который был получен на втором уровне, а также все версии инфраструктурных сервисов. Инфраструктурная часть продукта не является темой данной работы.

Рассмотрим основные проблемы, которые есть в системе. Первая из них – отсутствие прозрачности передачи версии от разработчиков к инженерам по тестированию. Проблема заключается в том, что в данный момент процесс взаимодействия является таковым, что инженеры по тестированию устанавливали на свои окружения не конкретную версию продукта, которую им указали, а состояние агрегирующего репозитория в какой-то момент, и не всегда она совпадала по версиям микросервисов с версией продукта, которую разработчики считали стабильной. Также, как следствие этой проблемы, отсутствовал стабильный процесс передачи фиксированной протестированной версии дальше на третий уровень.

Второй основной проблемой является отсутствие автоматизации по отведению релиза для данного продукта. Данная проблема накладывает дополнительную нагрузку на DevOps-инженера проекта по отведению новых релизных веток для сервисов, обновление конфигурационного репозитория и другие операции, которые необходимо провести на данном технологическом стеке.

2. Проектирование новой системы

При анализе были выявлены основные две проблемы – отсутствие прозрачности выдачи версий продукта разработчиками инженерам по тестированию, и также отсутствие автоматизации по релизным процессам, что приводило к дополнительной нагрузке DevOps-инженера.

Была спроектирована и разработана следующая система. Ее схематичное упрощенное представление с компонентами, процессами и действующими пользователями, которые будут взаимодействовать с данной системой, представлена на рис. 2.

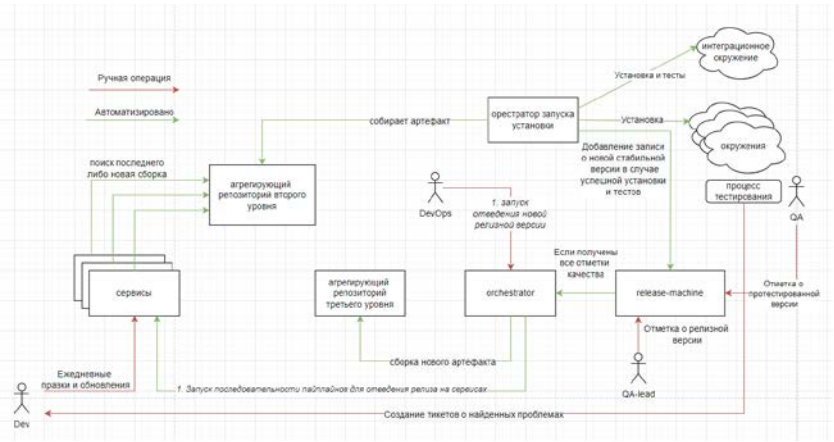


Рис. 2. Схематичное упрощенное представление новой системы

Для стабилизации выдачи новых версий на проекте была введена ежедневная ночная установка всего продуктового решения в тестовое окружение. На первом этапе это ввелось при помощи базовых возможностей распределенной системы хранения кода Gitlab, которая предоставляет возможность запуска пайплайнов в определенный отложенный момент времени при помощи расписания [1]. Пайплайн запускался на определенном сервисе, который был разработан ранее. Он является одной из конфигурационных точек установки продукта, а также выполняет роль оркестратора установки. Также при каждой ночной установке после успешного разворота запускались автотесты на данном окружении для проверки тесткейсов, которые были автоматизированы. Если установка проходила все этапы успешно, версию продукта, которая была установлена, можно было считать стабильной и выдавать инженерам по тестированию для полного цикла тестирования, также включающее в себя мануальные шаги. Это было принято считать первой качественной проверкой. Необходимо было где-то сохранять такие стабильные версии. Для того, чтобы хранить информацию о том, что версия продукта прошла какие-либо стадии, было принято решение разработать компоненту, которая могла бы хранить эту информацию. Для первой версии была использована упрощенная схема. Была создана дополнительная компонента, которая содержала в себе файл, который содержал в себе записи о версиях продукта, а также их качественных отметках. Часть полей в этих записях проставлялось самой системой в автоматическом режиме, часть же полей должно было проставляться определенными пользователями. Если версия получала отметки во всех

полях, которые отвечали за качественные проверки, то запускалась автоматически сборка артефакта третьего уровня с включенным в него версией продукта.

Для решения проблемы автоматизации релизных процессов были использованы следующие инструменты компании, разработанные ранее:

2. Оркестратор – сервис, задачей которого является для списка сервисов построение дерева зависимостей и в порядке от листов к корню этого дерева запускать пайплайны для сервисов.

3. Unified-service-pipeline – компонента, содержащая реализацию большинства процессов жизненного цикла для микросервиса.

Заключение

Проведенный анализ, проектирование и разработка позволяют повысить эффективность системы, ввести определенные пункты качества, зафиксировать роли пользователей, повысить управляемость процессов за счет ускорения и автоматизации процессов, а также введения непрерывного релизного процесса на проекте.

Дальнейшее развитие можно продолжать в следующих направлениях: увеличение количества автоматизируемых процессов и дальнейшее развитие компоненты, хранящей информацию о версиях продукта, в сторону повышения надежности, например, за счет использования базы данных.

Список литературы

1. Документация Gitlab, Gitlab CI/CD Pipeline Configuration [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : https://docs.gitlab.com/ee/ci/yaml/README.html

Секция 2
Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Построение модели климатической классификации ЕТР

Г. Н. Бакаев, e-mail: bakaev074@gmail.com
И. В. Круссер, Федосеев А. А.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе проведена классификация ЕТР по типичным климатическим условиям на основе индекса континентальности.*

Ключевые слова: *климатические характеристики, индекс континентальности, амплитуда температуры, классификационные признаки.*

Введение

Погодные условия являются важным элементом, характеризующим географическую среду. Они оказывают влияние на повседневную деятельность войск и, особенно, на авиацию. Погодные условия учитываются при планировании и метеорологическом обеспечении полетов воздушных судов. Они могут значительно усложнять выполнение полетных заданий, а в ряде случаев препятствуют их выполнению или создают угрозу безопасности полетов [1]. Оценить погодные условия в длительной перспективе можно по климатическим характеристикам данного региона.

Наиболее эффективной формой обучения личного состава соединений, в/частей, подразделений и органов управления, одним из важных средств повышения их боевой готовности и выучки являются войсковые учения. Экономическая целесообразность их проведения требует от органов военного управления тщательного и всестороннего анализа обстановки, особенно на этапе планирования и подготовки [2].

Особенностью планирования войсковых операций в рамках учений на территории Российской Федерации является ее большая протяженность и пребывание ее в различных климатических поясах. Кроме того, даже в одном климатическом поясе условия погоды могут сильно различаться вдоль одной широты. Это позволяет сделать вывод о неприменимости стандартных критериев классификации климатических условий для таких больших регионов, каким является Европейская территория России (ЕТР).

© Бакаев Г. Н., Круссер И. В., Федосеев А. А., 2022

1. Постановка задачи

В настоящее время для составления климатических прогнозов используется информация из справочников по климату СССР и зарубежных стран. Появляется необходимость расширения состава метеорологических параметров и явлений, их климатических характеристик с учетом изменений климата и расчета этих характеристик не только в рамках всей ЕТР, но и в отдельных ее частях. Указанные обстоятельства предопределяют необходимость проведения исследований по уточнению климатических характеристик и получению новых распределений метеорологических величин с учетом географической дислокации авиационных частей и соединений.

Актуальность проблемы заключается в пространственном исследовании погодно-климатических характеристик и выявлении современных тенденций изменения климата, решение которой повысит качество гидрометеорологического обеспечения деятельности войск (сил).

Исходя из вышесказанного, задачами работы являлись:

– обобщение климатических характеристик на ЕТР за период с 1999 по 2009 гг.;

– сравнительный анализ климатических характеристик в различных частях ЕТР за период с 1999 по 2009 гг.;

– получение климатических распределений и их графическая интерпретация;

– расчет и анализ авиационно-климатических характеристик;

– разработка методики расчета классификационных признаков для климатического районирования ЕТР.

В соответствии с поставленными задачами в работе было проведено обобщение и сравнительный анализ климатических характеристик, содержащихся в справочниках по климату за период с 1999 по 2009 гг. В качестве характерных станций на ЕТР были определены крупные населенные пункты: Калининград, Смоленск, Москва, Иваново, Чебоксары, Самара, Уфа, Мурманск, Воронеж, Белгород, Краснодар и др. Расположение станций выбиралось с учетом пространственного распределения климатических характеристик как с запада на восток, так и с севера на юг.

2. Анализ летно-метеорологических условий ЕТР

В работе был проведен расчет специальных климатических характеристик и на его основе осуществлен анализ летно-метеорологических условий на различных станциях ЕТР [3-4].

В табл. 1 представлены данные количества дней с различными степенями сложностей погодных условий.

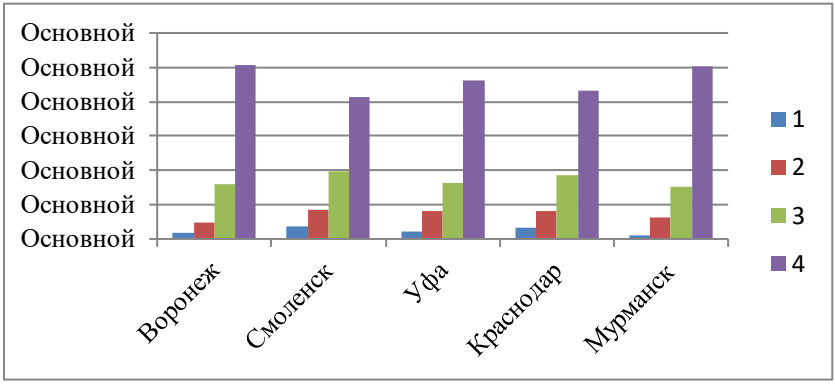
На основании рассчитанных данных простые метеорологические условия (ПМУ) встречаются в Воронеже в среднем 254 дня в году, в Смоленске – 206 дн., в Краснодаре – 216 дн., в Мурманске – 251 дн., в Уфе – 231 дн. Сложные метеорологические условия (СМУ) в Воронеже – 79 дн., в Смоленске – 98 дн., в Краснодаре – 92 дн., в Мурманске – 77 дн., в Уфе – 82 дн.

Таблица 1

Количество дней с различными степенями сложности погодных условий

Населенный пункт	**НУ**	**УМП**	**СМУ**	**ПМУ**
Воронеж	9	23	79	254
Смоленск	18	43	98	206
Уфа	11	41	82	231
Краснодар	16	41	92	216
Мурманск	5	32	77	251

Установленные минимумы погоды (УМП) в Воронеже – 23 дн., в Смоленске – 43 дн., в Краснодаре – 41 дн., в Мурманске – 32 дн., в Уфе – 41 дн. Нелетные условия (НУ) в Воронеже – 9 дн., в Смоленске – 18 дн., в Краснодаре – 16 дн., в Мурманске – 5 дн., в Уфе – 11 дн. Эти распределения представлены на рис. 1.



1 – количество дней с НУ, 2 – количество дней с УМП, 3 – количество дней со СМУ , 4 – количество дней с ПМУ

Рис. 1. Распределение количества дней различными сложностями погодных условий на станциях ЕТР

В табл. 2 – 5 представлено число ясных, облачных и пасмурных дней на станциях ЕТР.

Таблица 2

Число ясных, пасмурных и облачных дней в Калининграде

Мес	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Ясн	1	2	3	4	4	3	3	3	3	3	1	1	31
Пасм	10	10	16	17	19	18	20	22	19	16	11	10	188
Облач	20	16	12	9	8	9	8	6	8	12	18	20	146

Анализ данных табл. 2 показал, что на западе ЕТР с ноября по февраль ясных дней в среднем 1 – 2 дн., весной – 3 – 4 дн., с июня по октябрь в среднем 3 дн.. Облачных дней зимой – 10 дн., весной – 17 – 19 дн., летом – 18 – 22 дн., в осенний период (сентябрь, октябрь) – 16 – 19, в ноябре – 11 дн.. Пасмурных дней с ноября по январь – 18 – 20 дн., в феврале16 дн.. В марте и апреле – 9 – 12 дню, с мая по сентябрь – 6 – 9 дн. В октябре 12 дн.

Таблица 3

Число ясных, облачных и пасмурных дней в Воронеже

Мес	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Ясн	2	2	3	3	3	2	3	4	4	3	2	2	33
Пасм	8	10	15	17	21	21	22	22	17	15	9	9	186
Облач	21	16	13	10	7	7	6	5	9	13	19	20	146

Анализ данных табл. 3 показал, что в Воронеже ясных дней в среднем 2 – 4 дн. ежемесячно. Облачных дней с ноября по февраль – 8 – 10 дн., в марте, апреле, сентябре и октябре – 15 – 17 дн., с мая по август – 21 – 22 дн. ежемесячно. С ноября по январь отмечается 19 – 21 пасмурных дней, в феврале – 16 дн., в марте, апреле – 10 – 13 пасмурных дней с мая по сентябрь – 5 – 9 дн., в октябре – 13 дн.

Анализ данных табл. 4 показал, что в Краснодаре с ноября по июнь в среднем 2 – 4 ясных дней дня каждый месяц.

Таблица 4

Число ясных, облачных и пасмурных дней в Краснодаре

Мес	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Ясн	2	3	3	3	4	4	9	11	8	6	3	2	58
Пасм	11	11	13	15	18	20	18	18	18	17	12	10	181
Облач	18	14	15	12	9	6	4	2	4	8	15	19	126

В июле, августе – 9 – 11 ясных дней, в сентябре и октябре – 6 – 8 ясных дней. Облачных дней с ноября по март отмечается 10 – 13 дн. В апреле – 15 облачных дней, с мая по октябрь – 17 – 20 дн. В декабре и январе отмечается 18 – 19 пасмурных дней, с февраля по апрель – 12 – 15 дн. В мае – 9 пасмурных дней, в июне – 6 дн. С июля по сентябрь отмечается 2 – 4 пасмурных дня, в октябре – 8 дн., в ноябре – 15 пасмурных дней.

Таблица 5

Число ясных, облачных и пасмурных дней в Самаре

Мес	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Ясн	2	4	5	4	4	3	4	4	2	2	1	2	37
Пасм	10	10	14	16	18	20	21	19	15	11	8	9	171
Облач	19	14	12	10	9	7	6	8	13	18	21	20	157

Анализ табл. 5 позволяет сделать заключение о том, что в Самаре с сентября по январь отмечается 1 – 2 ясных дня, в остальные месяцы отмечается 3 – 5 ясных дней. С октября по февраль отмечается 8 – 11 облачных дней, в марте, апреле – 14 – 16 дн. С мая по август – 18 – 21 облачных дней, в сентябре – 15 дн. С октября по январь отмечается 18 – 21 пасмурных дней, в феврале, марте – 12 – 14 дн. С апреля по июнь отмечается 7 – 10 пасмурных дней, в июле, августе – 6 – 8 дн. В сентябре отмечается 13 пасмурных дней.

Таким образом, практически во всех частях ЕТР, благоприятные для деятельности авиации дни отмечаются в первой половине дня летом и в середине дня в холодный период года.

3. Построение климатической классификации ЕТР

При метеорологическом обеспечении авиации для более качественного использования климатической информации целесообразно разделить ЕТР на отдельные районы, используя для этого широтно-долготные характеристики. В работе для выделения отдельных районов в рамках ЕТР использовались широты 50°, 55°, 60° с.ш. и долготы 30°, 45° и 60° в.д.

В качестве классифицирующих признаков были использованы индекс континентальности С.П. Хромова (K_{xp}), годовая амплитуда температуры на станции и годовое количество осадков [5].

Индекс континентальности Хромова (1) учитывает отличие реальной годовой амплитуды температуры на станции от амплитуды температуры над поверхностью океана:

$$K_{xp} = \frac{A - 5,4 \sin \phi}{A}, \qquad (1)$$

где A – годовая амплитуда температуры, $\sin \phi$ – широта местности.

В работе были рассчитаны индексы континентальности Хромова для различных станций и по их значениям, а также значениям годовой амплитуды температуры и годового количества осадков проведено районирование ЕТР по типичным климатическим условиям.

В итоге было выделено 9 типичных климатических зон, внутри которых отмечаются схожие летно-метеорологические условия.

Результаты расчетов представлены в табл. 6, а схема классификации климатов ЕТР представлена на рис. 2.

Таблица 6

Результаты расчета классифицирующих признаков

Населен. пункт	Ин.континент-ти, K_{xp}	Год. амплитуда темп-ры А, °С	Кол-во осадков, мм	Широта, °	Долгота, °
Вологда	0,78	30	657	59	39
В.Новгород	0,76	27	661	58	31
Пермь	0,8	32	565	58	56
Москва	0,82	30	600	55	37
Казань	0,84	32	562	55	49
Брянск	0,8	26	683	53	34
Орел	0,84	26	601	52	36
Саратов	0,86	30	460	51	46
Оренбург	0,88	34	364	51	55

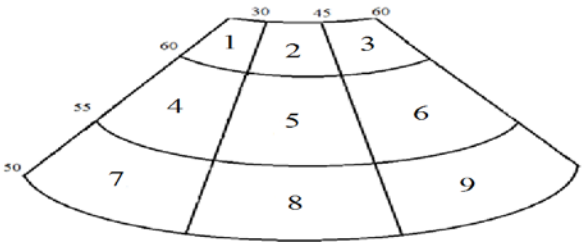


Рис. 2. Схема классификации климатов ЕТР

Из анализа представленных в таблице данных можно сделать вывод, что наиболее низкие значения индекса континентальности отмечаются на северо-западе ЕТР, наиболее высокие – на юго-востоке. В совокупности со значениями годовой амплитуды температуры и годового количества осадков по значениям индекса континентальности можно однозначно классифицировать климат по одной из девяти зон.

Заключение

Таким образом, в работе на основе индекса континентальности была проведена классификация ЕТР на районы со схожими климатическими условиями. В совокупности со значениями годовой амплитуды температуры и годового количества осадков по значениям индекса континентальности можно однозначно классифицировать климат по одной из девяти предложенных в работе зон.

Список литературы

1. Круссер, И.В. Климатология. Учебное пособие, Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2013. – 182 с.

2. Приказ МО РФ 2004 года № 275 – Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации (ФАППП 2004) 316 с.

3. Колодяжный, С.А. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые и граф. данные – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2021. – 1 электрон. опт. Диск (CD-ROM).

4. Зацаринного, А.А., Борисова, Д.Н. Воронеж, Воронежский государственный университет, 13-14 февраля 2021 г. – Воронеж : издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2021. – 2305 с. – С. 194-199.

5. Хромов, С.П., Петросянц, М.А. Метеорология и климатология М.: МГУ, 2012. – 558 с.

Подходы к моделированию системы связи авиационного формирования

Баранов Р. А., email: rombank20@bk.ru
Пресняков М. Ю., email: presnkov@mail.ru
Ненашев К. Ю., Сковородкин С.П.

Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия» им. Н. Е. Профессора Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В данный статье рассмотрены подходы к применению математического моделирования в процессе построения систем связи авиационных формирований, на основе оценки надежности, помехоустойчивости и пропускной способности системы связи.*

Ключевые слова: *система связи авиационного формирования, радиосвязь, эффективность системы связи, помехи, направление связи, вероятности своевременной передачи сообщений, живучесть линии связи, надежность линии связи.*

Введение

Эффективность системы связи во многом определяет эффективность применения авиационных формирований, так как является материальной основой управления ими. В условиях современной динамики выполнения задач, возросших информационных требований к системам связи с одной стороны и ограниченности их информационных возможностей с другой, особую актуальность приобретают задачи количественной оценки систем связи, а также оптимизации разрабатываемых вариантов систем связи с целью выполнения поставленных требований с минимумом затрат.

В настоящее время наиболее эффективным методом решения данных задач является моделирование. Этот метод позволяет оценивать и оптимизировать, как системы связи в целом, так и отдельные подсистемы, и элементы на любом уровне иерархии системы управления.

1. Подходы к моделированию

Объективные трудности, связанные с выбором и формулировкой одного, единственного, обобщенного и полного показателя эффективности систем связи, приводит к тому, что на практике широко используют не один общий, а несколько показателей эффективности,

© Баранов Р. А., Пресняков М. Ю., Ненашев К.Ю., Сковородкин С.П., 2022

которые в совокупности с достаточной полнотой и точностью характеризуют общий показатель эффективности.

В качестве показателей критериев эффективности системы связи, по своему содержанию выступают, как правило, характеристики «приращения чего-либо за счет системы связи» например:

– приращение результата, достигаемого авиационными формированиями за счет применения систем связи в процессе управления;

– доля предотвращенного ущерба, наносимого нашим силам в ходе конфликта, определяемая применением систем связи и т.д.[1]

Однако эти показатели эффективности точно вычислить чаще всего практически нереально, так как, чтобы их рассчитать, в модели конфликта необходимо корректно учесть влияние различных свойств системы связи на качество творческого процесса выработки решения на применение и его практическую реализацию.

Поэтому, исходя из основной цели функционирования системы связи, которой является, своевременное, достоверное и безопасное доведение сообщений выбирается показатель эффективности.

В качестве показателей пропускной способности могут выступать:

– объем своевременно переданных сообщений;
– вероятность своевременного доведения сообщений;
– вероятность несвоевременного доведения сообщений;
– математическое ожидание числа исправно работающих каналов и др.

Все эти показатели взаимозависимы и образуют систему показателей и критериев, используемых в различных методах оценки эффективности.

Система связи является иерархической системой. Оценка эффективности ее функционирования осуществляется по многим внутренним и внешним показателям и критериям. Все эти показатели взаимозависимы и образуют систему показателей и критериев, используемых в различных методах оценки эффективности.

Многообразие этих показателей и критериев их оценки в непересекающихся множествах единиц измерений (км, м, с и т.п.) затрудняет их совместное использование в процессе анализа и синтеза эффективности функционирования систем связи, поэтому возникает стремление к их интеграции или агрегированию в единый показатель, отвечающий иерархии целей функционирования.

В соответствии с принципом иерархии целей, критерии оценки эффективности системы связи должны отражать цели системы управления.

Доминирующим требованием является своевременность доведения сообщений, поэтому в соответствии с иерархией целей в качестве главного показателя эффективности связи целесообразно принять время доведения, объем своевременного доведения сообщений, дальность связи и др. [2]

Таким образом, способность системы связи обеспечить обмен необходимым объемом сообщений к заданному времени с требуемым качеством может выступать критерием эффективности системы связи.

Система связи является сложной системой, организационно состоит из узлов связи пунктов управления, линий воздушной и наземной связи. Поэтому эффективность системы связи можно характеризовать показателями воздушной и наземной связи.

Возможности воздушной и наземной связи определяются показателями организованных направлений связи.

Показатели направлений связи определяются способностью обеспечить обмен требуемыми потоками сообщений различных видов связи, образованных на данном направлении.

Требуемые значения показателей для каждого вида и на различных направлениях связи определяются:

– потребностями управления;
– задаются нормативными документами;
– исходя и оперативно-тактической обстановки.
– Реальные значения показателей возможностей направлений связи могут определяться по различным методикам.
– Рассмотрим некоторые из них.

Методика расчета основных параметров направления связи, необходимых для оценки возможностей по пропускной способности.

В методике выполняются основные расчеты, необходимые для наиболее рационального распределения сил и средств связи, выбора линий и видов связи для передачи заданных объемов сообщений с установленными параметрами. [3]

Методика состоит из четырех частей, которые являются самостоятельными расчетными задачами. Полученные результаты оценки объединяются общим показателем.

Методика позволяет оценить следующие показатели системы связи авиационного формирования:

– вероятности своевременного доведения требуемого объема сообщений;
– потребного количества каналов связи;
– объема своевременно переданных сообщений;
– эффективности передачи заданных объемов сообщений.

В качестве примера в данной публикации рассмотрена одна из частей методики, а именно задача расчета вероятности своевременной передачи сообщений.

С учетом требований по своевременному доведению сообщений достаточно полно описывает модель Эрланга-Бухмана для систем массового обслуживания с ожиданием:

В данной методике качество обслуживания абонентов учитывается с помощью требуемой вероятности своевременной передачи и усредненного параметра.

Оценка помехоустойчивости осуществляется на основе математических моделей, описывающих функционирование линии связи в условиях преднамеренных и непреднамеренных помех.

Показатель помехоустойчивости линии связи может иметь зависимость от следующих составляющих:

- вероятность помехоустойчивой работы линии связи;
- вероятность электромагнитного подавления линии связи;
- вероятность подавления линии связи взаимными помехами.

Вероятность электромагнитного подавления линии связи, характеризующая обеспечение управления в условиях преднамеренных помех.

Вероятность энергетического подавления есть вероятность, того, что в произвольный момент времени отношение напряженности поля помехи к напряженности поля сигнала в точке приема будет больше допустимого значения, определяемого необходимой достоверностью приема сообщений. При этом напряженность поля помехи и сигнала является случайной величиной.

Вероятность подавления линии связи взаимными помехами определяется из условий случайного доступа к каналу передачи корреспондентов сети. В этом случае наложение сигналов происходит по мере совпадения работы на передачу двух и более корреспондентов.

Оценка живучести линии связи позволяет определить возможность работоспособности ее элементов в условиях огневого воздействия противника. Живучесть линии связи характеризуется вероятностью выживания зависящая от:

- вероятности выживания линии связи;
- вероятности разведки линии связи;
- вероятности огневого поражения.

Учитывая, что элементы линии связи являются, как правило, точечными, их вероятность поражения зависит от:

- радиус поражения воздействующего фактора;

– вероятное отклонение центра взрыва средства поражения от центра объекта;
– вероятность применения данного средства поражения;
– вероятность доставки средства поражения до объекта.

Надежность линии связи определяется технической надежностью применяемых средств связи, их ремонтопригодностью, возможностями ремонтных органов по восстановлению и ремонту, а также уровнем подготовки личного состава их эксплуатирующего.

Все эти условия учитывает вероятность надежной работы, которая определяет вероятность того, что аппаратура будет находиться в исправном состоянии с учетом реальных условий эксплуатации и организации войскового ремонта.

В качестве результата оценки эффективности системы связи авиационного формирования по итогам моделирования выдается информация о вероятности своевременного доведения требуемого объема сообщений направления связи.

Заключение

Приведённые в данной публикации подходы к моделированию систем связи авиационных формирований и методики оценок дают возможность при рациональном их использовании снизить затраты времени на поиск наиболее целесообразных вариантов построения систем связи, однако они должны рассматриваться не как догма, а, прежде всего, как пример, основа для разработки, создания новых моделей и методик оценки систем связи и РТО.

Список литературы

1. П. К. Алтухов и др. Основы теории управления войсками. – М.: Воениздат, 1994. – 220 с.

2. Макаренко С.И., Бородинов Р.В. Анализ технологий обеспечения качества обслуживания в мультисервисных АТМ сетях // Информационные технологии моделирования и управления. 2012. № 1 (73). С. 65–79.

3. В. Ф. Комарович Основы радиоэлектронной борьбы, радиоэлектронная зашита и безопасность связи и АСУ . – Л.: ВАС, 1989. – 346 с.

Методическое обеспечение снижения фактора метеорологической неопределенности в задачах принятия решений

С. Н. Башлыков, email: bashlykov.sergey@mail.ru
В. С. Ножкин
А. В. Самсонов, email: sinoptik78@mail.ru
С. П. Петренко

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются основные методические аспекты построения автоматизированной системы поддержки принятия метеозависимых решений в условиях не полностью формализованной информации.*

Ключевые слова: *экспертная база знаний, база данных, статистический анализ, нечёткая логика.*

Введение

В настоящее время происходит быстрое развитие информационных технологий и технических средств, активно применяемых в авиации по всему миру, что в свою очередь приводит к увеличению интенсивности воздушного движения, дальности полетов, объемов перевозок, появлению новейших образцов воздушных судов, а также совершенствованию существующих и появлению новых способов выполнения авиационных задач. Данная тенденция повышает требования к оценке и учету метеорологических условий (МУ) при планировании применения авиации, прежде всего в отношении анализа метеорологических данных и оперативности прогнозирования погоды.

Вместе с данными направлениями совершенствования возросла сложность авиационных систем (АС), снизилось время на планирование и организацию полетов, что привело к снижению обоснованности и качеству принимаемых решений. Проблема принятия решений или проблема выбора альтернатив – это самый распространенный класс задач, с которыми сталкивается руководитель – лицо, принимающее решение (ЛПР) [1, 2].

Таким образом, проведение исследований, направленных на создание интеллектуальной системы, автоматизирующей поддержку принятия решений на основе метеорологической информации (МИ) при

© Башлыков С. Н., Ножкин В. С., Самсонов А. В., Петренко С. П., 2022

организации и планировании полетов, является целесообразным и актуальным.

1. Методические аспекты программного комплекса

Современные методики создания программного комплекса, обеспечивающего поддержку принятие решения, подразумевает использование накопленного человеческого опыта и статистических данных, что объединяется в интеллектуально-информационной системе. Данная система объединяет в себе компоненты, каждый из которых выполняет определённые функции. Принципиальная схема программного комплекса представлена на рис. 1.

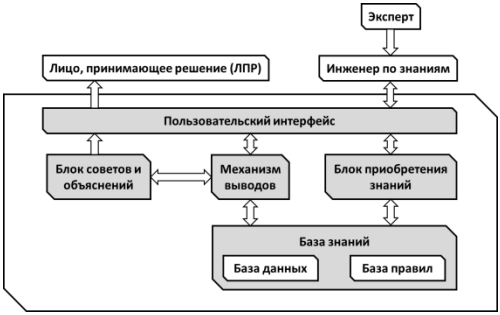


Рис. 1. Принципиальная схема программного комплекса

За хранение, обработку и накопление данных отвечает база знаний, объединяющая в себе базу данных и базу правил. База данных (БД) представляет собой структурированную систему для хранения МИ. Важной особенностью такой системы является наличие идентификаторов и связей между хранимыми данными. БД содержит в себе фактические данные о состоянии погоды и дневники погоды. Динамичность БД заключается в регулярном обновлении и добавлении актуальных статистических метеорологических данных [2].

База правил (БП) является динамически изменяемой системой. Правила, содержащиеся в данной базе, представляют собой формализованные с помощью регрессионного анализа и алгоритмов нечёткой логики условия, описывающие взаимосвязь метеорологических параметров и явлений. Для создания БП применяется разрабатываемый программный модуль, позволяющий автоматизировать процессы обработки метеорологической информации. Принципиальная схема механизма выводов и базы знаний представлена на рис. 2 [3].



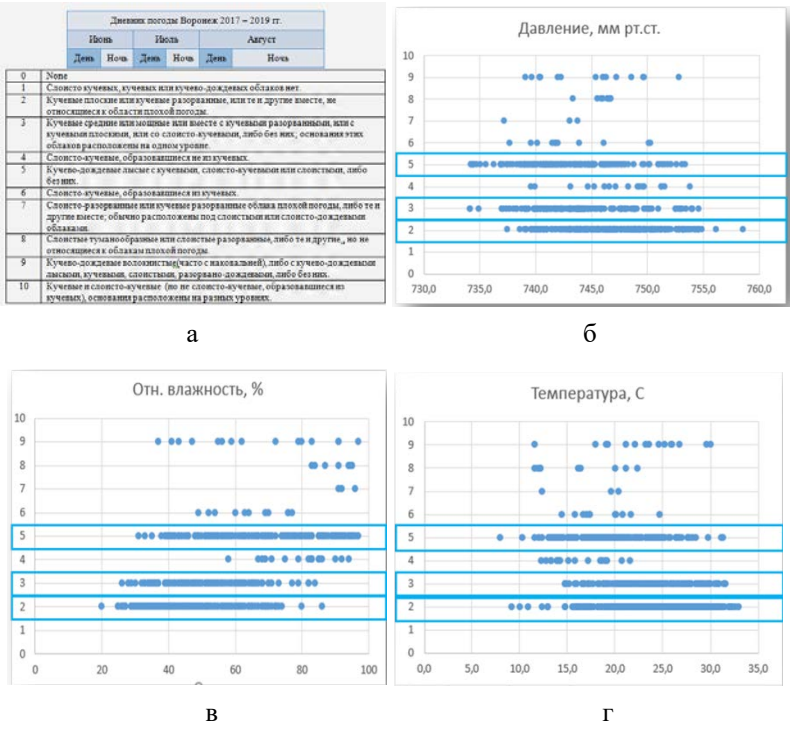
Рис. 2. Принципиальная схема механизма выводов и базы знаний

Входными данными являются: список городов Российской Федерации с указанием часового пояса и географических координат; дневники погоды метеостанций, расположенных в описанных выше городах или в их окрестностях. В дневниках собрана информация о параметрах погодных условий за последние несколько десятилетий, что является важным условием для создания наиболее точных статистических моделей, на основе которых осуществляется регрессионный анализ.

Описанные входные данные записываются в БД с помощью разработанного программного модуля. Пользователю необходимо подготовить необходимые дневники погоды и указать их расположение на ЭВМ. Запись производится в автоматическом режиме с последующим созданием общего файла с БД. Данная процедура позволяет объединить все дневники погоды и в дальнейшем использовать их для создания БП.

БП содержит в себе предварительную информацию об опасных явлениях погоды (ОЯП), уравнения регрессии и набор продукционных правил. Все эти составляющие взаимосвязаны как между собой, так и с БД и механизмом выводов. В ходе работы механизма выводов сначала производится итерационный процесс создания уравнений регрессии и их записи в БП. Затем, используя полученные уравнения, а также заранее заданные входные параметры и функции принадлежности, производится выполнение алгоритмов нечеткой логики, которые играют роль уточнения регрессионного анализа с учётом особенностей местности, где были произведены измерения погодных условий.

На рис. 3 отражена предварительная обработка данных из дневника погоды Воронежа за летний период 2017-2019 гг. в дневное время суток. Представлена задача определения параметров, в значительной мере влияющих на появление той или иной облачности. В данном примере рассмотрено появление облачности нижнего яруса в зависимости от температуры, давления и влажности. Из графиков видно, что наиболее часто появляется облачность типов 2,3,5 [3].

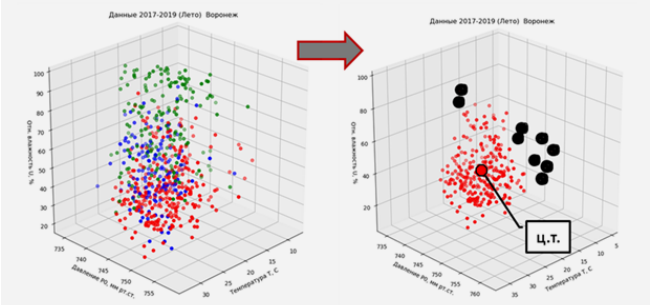


Дневник погоды Воронеж 2017 – 2019 гг.						
Июнь		Июль		Август		
День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	
0	None					
1	Слоисто-кучевых, кучевых или кучево-дождевых облаков нет.					
2	Кучевые плоские или кучевые разорванные, или те и другие вместе, не относящиеся к области плохой погоды.					
3	Кучевые средние или мощные или вместе с кучевыми разорванными, или с кучевыми плоскими, или со слоисто-кучевыми, либо без них, основания этих облаков расположены на одном уровне.					
4	Слоисто-кучевые, образовавшиеся не из кучевых.					
5	Кучево-дождевые лысые с кучевыми, слоисто-кучевыми или слоистыми, либо без них.					
6	Слоисто-кучевые, образовавшиеся из кучевых.					
7	Слоисто-разорванные или кучевые разорванные облака плохой погоды, либо те и другие вместе; обычно расположены под слоистыми или слоисто-дождевыми облаками.					
8	Слоистые туманообразные или слоистые разорванные, либо те и другие, но не относящиеся к облакам плохой погоды.					
9	Кучево-дождевые волокнистые (часто с наковальней), либо с кучево-дождевыми лысыми, кучевыми, слоистыми, разорвано-дождевыми, либо без них.					
10	Кучевые и слоисто-кучевые (но не слоисто-кучевые, образовавшиеся из кучевых), основания расположены на разных уровнях.					

а – не формализованная метеорологическая информация, б – частота появления типа облачности, в зависимости от давления, в – частота появления типа облачности, в зависимости от влажности, г – частота появления типа облачности, в зависимости от температуры

Рис. 3. Этапы предварительной обработки метеорологической информации

Для лучшей наглядности появление данных типов облачности представим в трёхмерном пространстве, и с помощью статистического анализа осуществляется нахождение центров тяжести множеств, а также исключение аномалий, не попавших в доверительный интервал нормального распределения по каждой из осей (рис. 4). В того же время происходит ситуация, когда множества пересекаются, поэтому необходимо произвести их кластеризацию.



2	Кучевые плоские или кучевые разорванные, или те и другие вместе, не относящиеся к облакам плохой погоды.
3	Кучевые средние или мощные или вместе с кучевыми разорванными, или с кучевыми плоскими, или со слоисто-кучевыми, либо без них; основания всех этих облаков расположены на одном уровне.
5	Кучево-дождевые лысые с кучевыми, слоисто-кучевыми или слоистыми, либо без них.

Рис. 4. Представление результатов статистического анализа

Кластеризация множеств осуществляется методом *k*-средних (рис. 5). Определение множества, к которому относится новое значение, выполняется через нахождение минимального расстояния до центра тяжести одного из множеств, представленного выражениями (1-4).

$$r_1 = \sqrt{(x - x_{c1})^2 + (y - y_{c1})^2 + (z - z_{c1})^2}, \quad (1)$$

$$r_2 = \sqrt{(x \quad x_{c2})^2 + (y \quad y_{c2})^2 + (z \quad z_{c2})^2}, \quad (2)$$

$$r_3 = \sqrt{(x \quad x_{c3})^2 + (y \quad y_{c3})^2 + (z \quad z_{c3})^2}, \quad (3)$$

$$r_{\min} = \{r_1; r_2; r_3\}. \quad (4)$$

В результате имеем возможность формализовать типы облачности в зависимости от выбранных параметров. Набор параметров может меняться в зависимости от точности предоставляемых результатов.

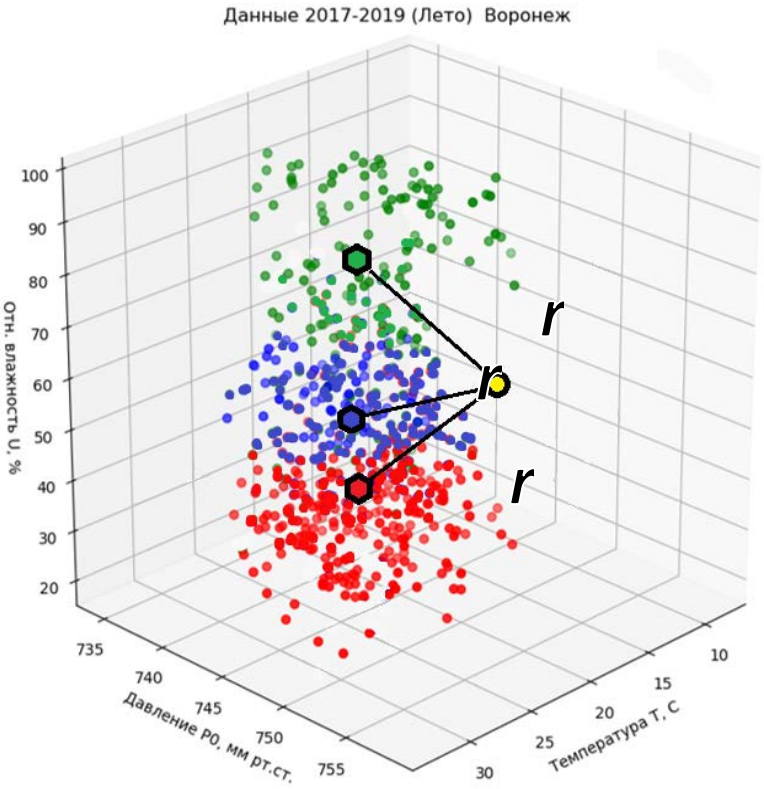


Рис. 5. Кластеризация множеств методом *k*-средних

Следующим этапом разработки методики обработки качественных метеоданных является переход к алгоритмам нечеткой логики [4].

На рис. 6 представлен обобщенный вид структурной модели нечеткого логического вывода. В данной системе нечёткая логика необходима для обработки нечётких величин и лингвистических переменных, что в итоге будет давать возможность сделать выводы о возможности выполнения авиационной задачи.

После проделанного анализа все итоговые результаты накапливаются в модуле выдачи рекомендаций. Через блок советов и объяснений и пользовательский интерфейс результаты предоставляются лицу, принимающему решения.



Рис. 6. Обобщенный вид структурной модели нечеткого логического ввода

2. Пример реализации алгоритма нечеткого вывода

В качестве примера разработки системы нечеткого логического вывода в интерактивном режиме с помощью графических средств пакета Fuzzy Logic программы MATLAB рассмотрим следующую нечеткую модель принятия решения в авиационной системе [5].

Пример. Рассматривается ситуация, при которой, основываясь на определенных параметрах АС, требуется принять решение на проведение полетов.

Задача состоит в том, чтобы разработать некоторую экспертную систему, которая была бы реализована в виде системы нечеткого вывода и позволяла бы определять возможность безаварийного (безопасного) полета.

Эмпирические знания о рассматриваемой проблемной области могут быть представлены в форме следующих эвристических правил продукций:

«ЕСЛИ дальность видимости A_{101} – высокая, и высота нижней границы облаков A_{102} – высокая, и квалификация летчика B_{10} – очень высокая, ТО возможность безаварийной посадки C_{10} – высокая».

«ЕСЛИ дальность видимости A_{111} – средняя, и высота нижней границы облаков A_{112} – не высокая, и летчик средней квалификации B_{11} , ТО возможность безаварийной посадки C_{11} – средняя».

«ЕСЛИ дальность видимости A_{121} – низкая, и высота нижней границы облаков A_{122} – низкая, и летчик низкой квалификации B_{12} , ТО возможность безаварийной посадки C_{12} – низкая».

В качестве входных параметров системы нечеткого вывода рассматриваются три лингвистические переменные: «дальность видимости», «высота нижней границы облаков», «опасные явления», а в качестве выходных параметров – нечеткую лингвистическую переменную «возможность безаварийной посадки». В качестве терм-

множества для всех лингвистических переменных используется множество (низкий, средний, высокий) [5].

С учетом сделанных уточнений рассмотренная информация о возможности безаварийного полета может быть представлена в виде трех правил нечетких продукций следующего вида (система нечеткого вывода типа Мамдани).

Поскольку в примере рассматривается система нечеткого вывода с тремя входами, необходимо добавить в разрабатываемую систему FIS еще две входных переменных и изменим имена входных и выходных переменных, предложенных системой по умолчанию. Результат изменения изображен на рис. 7.

Далее определяются термы и их функции принадлежности для входных и выходных переменных системы нечеткого вывода.

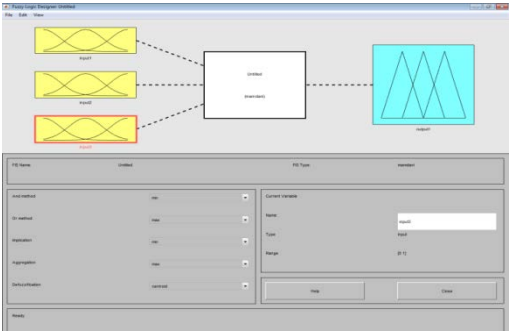


Рис. 7. Вид редактора FIS после добавления второй и третьей входных переменных

После вызова редактора функций принадлежности каждой из переменных по умолчанию предлагается три терма с треугольными функциями принадлежности, как изображено на рис. 8.

Сначала изменяется диапазон определения значений входных переменных. Аналогично выполняются изменения соответствующих диапазонов для выходной переменной «возможность безаварийного полета», при этом верхнее значение 1 следует оставить без изменения.

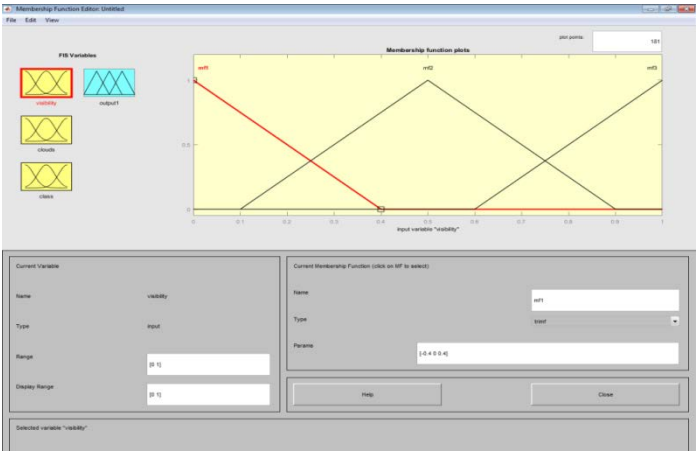


Рис. 8. Вид редактора функций принадлежности для термов переменной «видимость»

Далее изменяются названия термов и параметры функции принадлежности для выходной переменной «возможность безаварийного полета», для этого остается без изменений треугольный тип функции принадлежности, предложенный системой MATLAB. Вид редактора функции принадлежности после сделанных изменений для выходной переменной «возможность безаварийного полета» изображен на рис. 9.

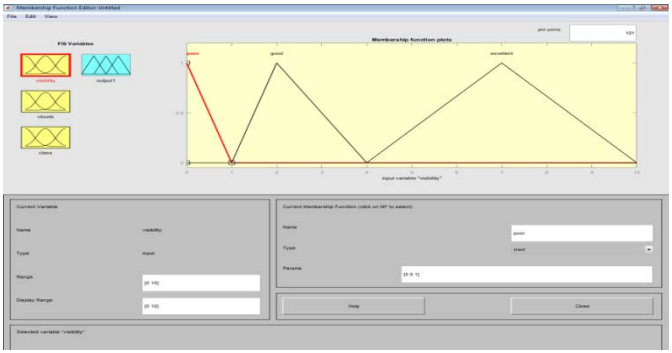


Рис. 9. Вид редактора функций принадлежности после изменения названия термов и типа их функций принадлежности

Аналогичным образом задается второе и третье правило (рис. 10).

После задания правил нечеткого вывода оказывается возможным получить результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных.

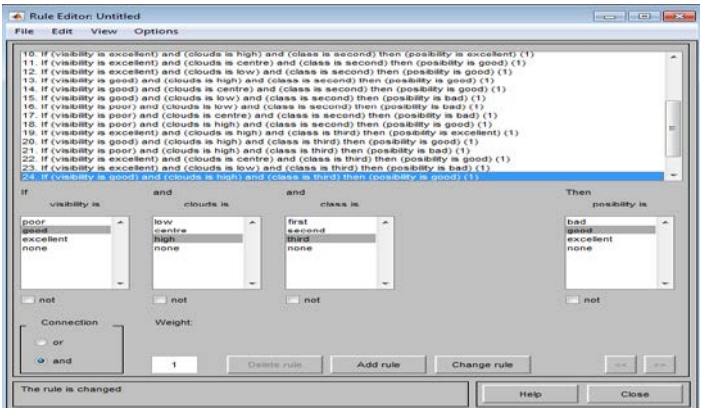


Рис. 10. Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

После вызова программы просмотра правил для нашей системы нечеткого вывода по умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интервала их допустимых значений (рис. 11).

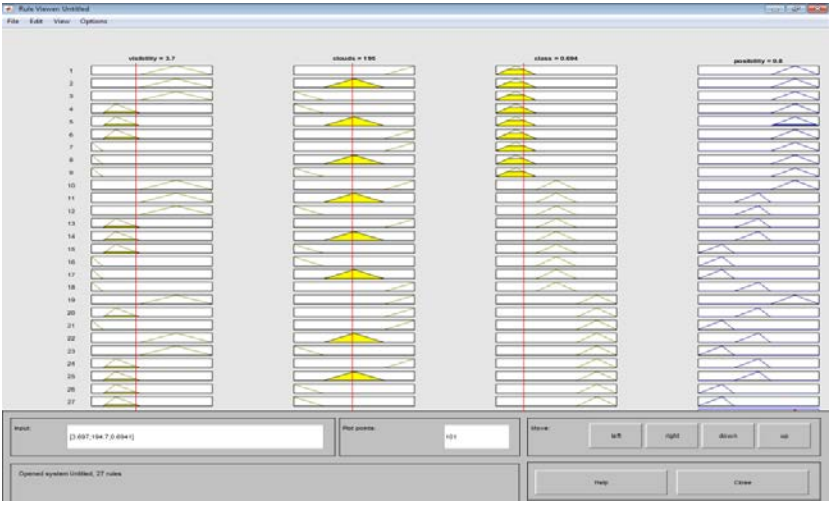


Рис. 11. Результат нечеткого вывода

На основе результатов, полученных в системе нечеткого вывода, ЛПР осуществляет выбор наиболее подходящих ресурсов АС для решения авиационных задач, обеспечивающие требуемый уровень возможности их применения, в зависимости от метеорологической обстановки.

Заключение

Описанный выше подход предоставляет широкие возможности для создания базы знаний и последующего моделирования и анализа метеорологических процессов, что как следствие позволит повысить качество принимаемых решений на применение авиации в условиях не полностью определённой метеорологической информации.

Список литературы

1. Андрейчиков, А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2000.– 368 с.

2. Борисов, В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов / – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.

3. Мошников, А. Н. Количественная оценка влияния атмосферных явлений на безопасность полетов. / А. Н. Мошников // Авиационная метеорология : Межвуз. сб. науч. трудов. – Москва, 1978. – С. 20-23.

4. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс : пер. с анг. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

5. Ярушкина, Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: учебное пособие / Н. Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

Сравнительный анализ нейрорегуляторов пакета прикладных программ Neural Network Toolbox

Н. А. Беззубов, email: nikobezzubov@gmail.com
С. В. Феофилов, email: svfeofilov@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *В работе рассматриваются нейросетевые регуляторы, реализованные в пакете MATLAB Simulink Neural Network Toolbox в виде отдельных блоков. Проводится сравнительный анализ представленных нейрорегуляторов в части характеристик качества управления двигателем постоянного тока.*

Ключевые слова: *нейроуправление, нейросетевые регуляторы, регулятор на основе эталонной модели, регулятор NARMA L2, регулятор с предсказанием.*

Введение

В практике проектирования систем управления динамическими процессами все большее применение находят нейронные сети. Это связано с одной стороны со все возрастающими требованиями к характеристикам систем управления и усложняющимися объектами, и процессами, которыми необходимо управлять, а с другой с интенсивным развитием специализированной вычислительной техники, например, нейропроцессоров. Универсальные возможности аппроксимации с помощью многослойного персептрона делают их полезным инструментом для решения задач идентификации, проектирования и моделирования нелинейных регуляторов [1].

Ниже представлено краткое описание архитектур нейросетевых регуляторов, реализованных в пакете прикладных программ Neural Network Toolbox MATLAB Simulink.

Далее проводится сравнительный анализ влияний каждой нейросетевой архитектуры регулятора на характеристики качества переходного процесса и точности системы с объектом управления в виде двигателя постоянного тока (ДПТ).

1. Регулятор на основе эталонной модели

При управлении на основе эталонной модели регулятор – это нейронная сеть, которая обучена управлять процессом так, чтобы он отслеживал поведение эталонного процесса. При этом модель

© Беззубов Н. А., Феофилов С. В., 2022

управляемого процесса активно используется при настройке параметров самого регулятора.

Архитектура регулятора с эталонной моделью требует обучения нейронной сети управляемого процесса и нейронной сети регулятора. При этом обучение регулятора оказывается достаточно сложным, поскольку обучение основано на динамическом варианте метода обратного распространения ошибки, так как нейронная сеть использует линии задержки. Достоинством регуляторов на основе эталонной модели является то, что они применимы к различным классам управляемых процессов [2].

Структурная схема, поясняющая принцип построения системы управления с эталонной моделью, показана на рис. 1.

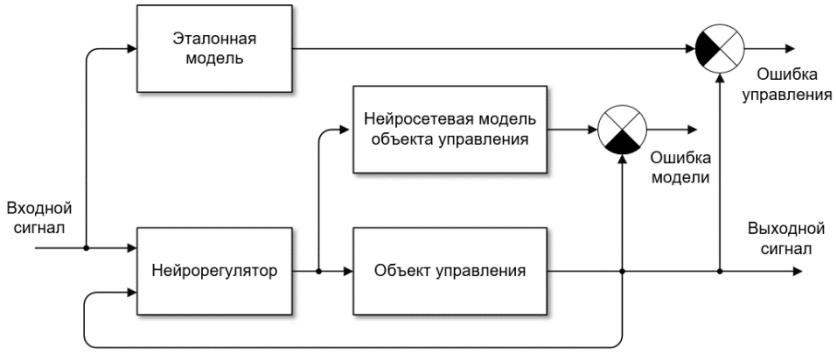


Рис. 1. Структурная схема управления с эталонной моделью

2. Регулятор NARMA-L2

При управлении на основе модели авторегрессии со скользящим средним регулятор представляет собой достаточно простую реконструкцию модели управляемого процесса.

Данный регулятор представляет собой модифицированную нейросетевую модель управляемого процесса, полученную на этапе автономной идентификации. Из представленных архитектур этот регулятор требует наименьшего объема вычислений. Вычисления в реальном времени связаны только с реализацией нейронной сети. Недостаток состоит в том, что модель процесса должна быть задана в канонической форме пространства состояния, которой соответствует сопровождающая матрица, что может приводить к вычислительным погрешностям [3].

Общая структурная схема системы с регулятором NARMA-L2 показана на рис. 2.

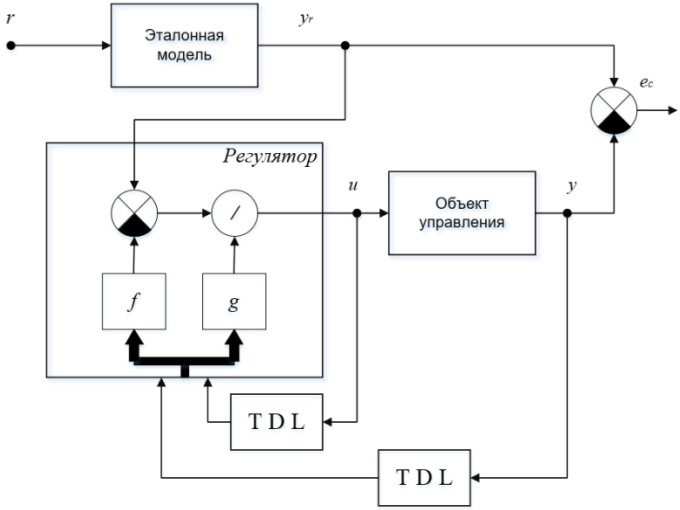


Рис. 2. Структурная схема управления с NARMA-L2

3. Регулятор с предсказанием

При управлении с предсказанием модель управляемого процесса используется для того, чтобы предсказать его будущее поведение, а алгоритм оптимизации применяется для расчета такого управления, которое минимизирует разность между желаемыми и действительными изменениями выхода модели. Управление с предсказанием использует принцип удаляющегося горизонта, когда нейросетевая модель управляемого процесса предсказывает реакцию объекта управления на определенном интервале времени в будущем [4].

Этот регулятор использует модель управляемого процесса в виде нейронной сети, для того чтобы предсказать будущие реакции процесса на случайные сигналы управления. Алгоритм оптимизации вычисляет управляющие сигналы, которые минимизируют разность между желаемыми и действительными изменениями сигнала на выходе модели и таким образом оптимизируют управляемый процесс. Построение модели управляемого процесса выполняется автономно с использованием нейронной сети, которая обучается в групповом режиме с использованием одного из алгоритмов обучения. Контроллер, реализующий такой регулятор, требует значительного объема

вычислений, поскольку для расчета оптимального закона управления оптимизация выполняется на каждом такте управления.

Схема подсистемы идентификации показана на рис. 4.

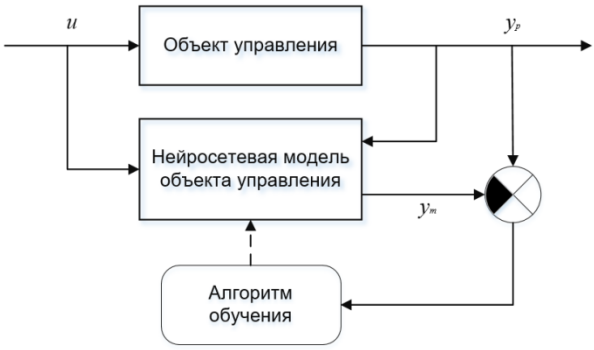


Рис. 3. Структурная схема управления с предсказанием

4. Сравнение результатов моделирования

В качестве объекта управления примем двигатель постоянного тока ЭДМ-20, технические характеристики которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики ЭДМ-20

Номинальное напряжение питания	27 В
Момент инерции якоря	0,0003 кг·м^2
Сопротивление обмотки якоря	0,15 Ом
Индуктивность обмотки якоря	0,15 мГн
Коэффициент противо-ЭДС	0,078 В·с/рад
Коэффициент момента двигателя	0,078 Н·м/А

Simulink-модель ДПТ представлена на рис. 4.

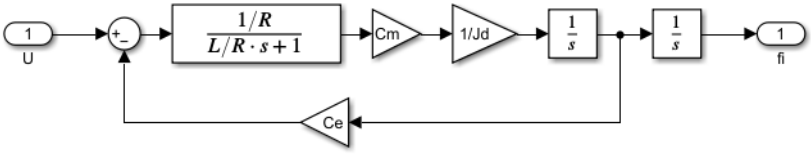


Рис. 4. Simulink-модель ДПТ

На рис. 5 представлена simulink-модель системы управления ДПТ с помощью рассматриваемых нейрорегуляторов.

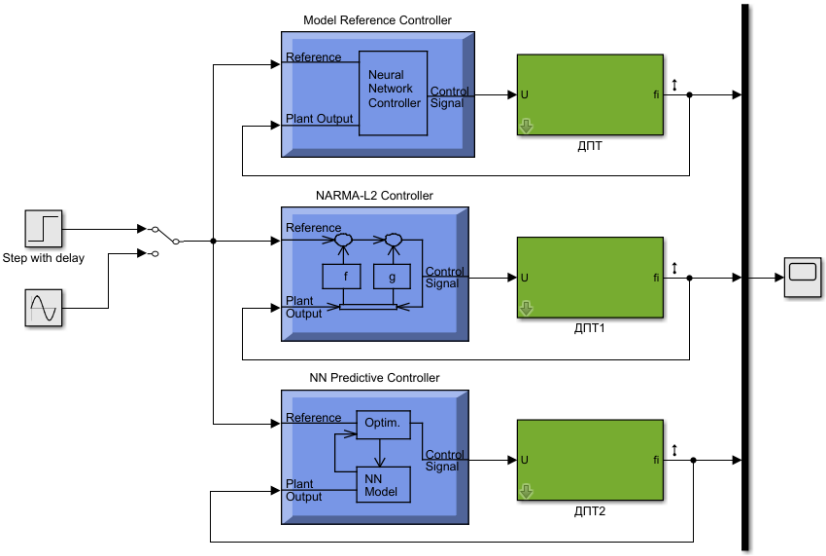


Рис. 5. Simulink-модель системы управления ДПТ с помощью рассматриваемых нейрорегуляторов

В качестве эталонной модели управления для обучения нейроконтроллера примем модель управления ДПТ с помощью ПИД-регулятора с параметрами, предварительно рассчитанными по методу Коэна-Куна [5].

В табл. 2 приведены параметры для построения нейросетевой модели управляемого процесса.

Таблица 2

Параметры идентификации управляемого процесса

Параметры архитектуры	
Количество используемых нейронов	9
Шаг дискретности	0,05
Число линий задержки входного слоя	3
Число линий задержки выходного слоя	2

Окончание таблицы 2

Параметры обучающей последовательности	
Длина обучающей выборки	100
Максимальное значение входного сигнала	1
Минимальное значение входного сигнала	-1
Максимальный интервал идентификации	2
Минимальный интервал идентификации	1
Параметры обучающей последовательности	
Количество циклов обучения	100

Результат отработки ступенчатого сигнала показан на рис. 6.

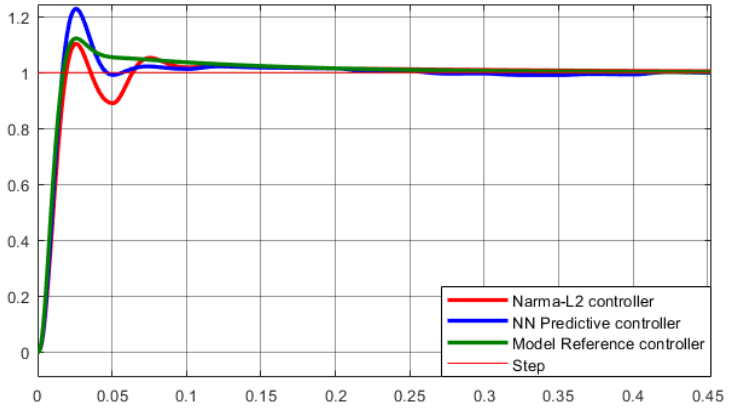


Рис. 6. Результат отработки ступенчатого сигнала

Результат отработки синусоидального сигнала показан на рис. 7.

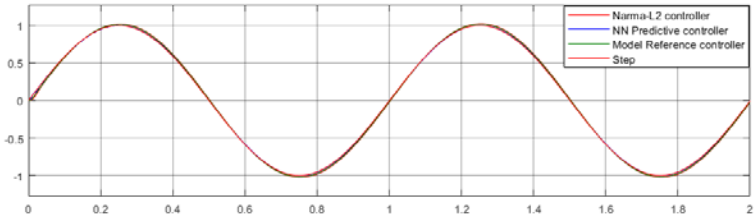


Рис. 7. Результат отработки синусоидального сигнала

В табл. 3 приведены характеристики качества системы управления с рассматриваемыми архитектурами нейрорегуляторов.

Таблица 3

Оцениваемые характеристики качества системы

Характеристика	NARMA-L2	Model Reference	Predictive
Время регулирования (с)	0,08	0,06	0,04
Перерегулирование (%)	10	12,2	22,8
Ошибка (мрад/с)	0,03	0,022	0,007

Заключение

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы. Наименьшее время регулирования получили при реализации обобщенного управления с предсказанием. Наименьшее значение перерегулирования получили с использованием нейрорегулятора NARMA-L2. При нейроуправлении с предсказанием показатель точности отработки сигнала наилучший.

Результат сравнения нейросетевых архитектур регуляторов по качественным характеристикам системы и точности отработки сигнала задатчика указывает в целом на эффективность управления двигателем постоянного тока с использованием нейрорегулятора на основе эталонной модели при определенных параметрах идентификации управляемого процесса.

Список литературы

1. Hagan M. T., Demuth H. B. Neural Networks for Control// Proceedings of the 1999 American Control Conference. SanDiego: CA, 1999. P. 1642-1656.

2. Hagan M. T., De Jesus O., Schultz R. Training Recurrent Networks for Filtering and Control. Ch. 12. // Recurrent Neural Networks: Design and Applications, L. Medsker, L.C. Jain, Eds. CRC Press, 1999. P. 311-340.

3. Медведев, В. С. Нейронные сети. MATLAB 6: /Под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 630 с. – (Пакеты прикладных программ; Кн. 4).

4. Soloway D., Haley P. J. Neural Generalized Predictive Control// Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on Intelligent Control. 1996. P. 277-281.

5. Standard PID Tuning Methods [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://maulana.lecture.ub.ac.id/files/2014/12/Metode-Tuning-PID-standard.pdf

Модель мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи авиационного формирования

С. С. Белоусов, e-mail: belousovtel@yandex.ru
П. А. Федюнин, e-mail: fpa1@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье предложена модель мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи авиационного формирования в целях обеспечения качества управления, основанная на поддержании требуемого количества направлений связи от пункта управления.*

Ключевые слова: *Модель, качество управления, система связи, мониторинг, адаптация*

Введение

Выполнение поставленных задач силами авиационных формирований во многом зависит от качества управления ими соответствующими должностными лицами, анализ источников в данной области показал, что наиболее проработанными на сегодняшний день являются такие свойства процесса управления как устойчивость, оперативность и скрытность управления, в свою очередь наименее раскрытым, по мнению авторов, является непрерывность управления [1].

Под непрерывностью управления авиационным формированием в статье понимается способность системы управления обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых сил без снижения их боевой готовности, устойчивости и эффективности [2].

Существующее состояние системы управления авиационным формированием в ходе выполнения задач по предназначению характеризуется значительными изменениями ее технической основы – системы связи, связанными с деструктивным воздействием противоборствующей стороны, приводящим в определенных условиях к потере (дезорганизации) управления. Целью статьи является разработка модели мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи в целях обеспечения непрерывности управления авиационным формированием. Определение зависимости вероятности непрерывности управления от интенсивности потери (восстановления) управления.

© Белоусов С. С., Федюнин П. А., 2022

1. Влияние состояния системы связи на процесс управления

Как известно, любая система включает совокупность различных элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность. Это положение в полной мере относится и к системе военного управления [3]. Технической основой указанной системы является система связи (рис. 1), которая выполняет функции по обеспечению обмена данными между элементами системы управления и степени реализации ее возможностей, во многом, определяется результат, который может быть достигнут авиационным формированием.



Рис. 1. Структура системы управления авиационного формирования

Наибольшее влияние на непрерывность управления авиационным формированием оказывают устойчивость и пропускная способность системы связи, ввиду зависимости указанного качества управления от временных интервалов потери управления и времени на его восстановление [4].

Для обеспечения потребности системы управления в информационном обмене и решения задач управления на базе системы связи создаются информационные направления, которые реализуются направлениями связи. Следовательно, направления связи являются тем объектом, который связывает в единое целое систему связи (так как информационное направление базируется на направлении связи) и систему управления (так как она создается в целях решения задач управления). Поэтому, в целях оценки влияния системы связи на качество управления наиболее значимыми в модели используются показатели, характеризующие количество и качество функционирующих направлений связи.

На рис. 2 показано влияние состояния системы связи на процесс управления на условном интервале времени выполнения задачи от

момента t_0 до t_3. Управление будет непрерывным, если система связи обеспечит функционирование требуемого числа направлений связи $N_{нс} \geq N_{треб}$, указанное требование выполняется на интервалах с t_0 до t_1, а также с t_2 до t_3. В период с t_1 до t_2 в результате невыполнения требований по функционированию заданного количества направлений связи $N_{нс} < N_{треб}$ управление не обеспечено, и восстановлено только с момента t_2.

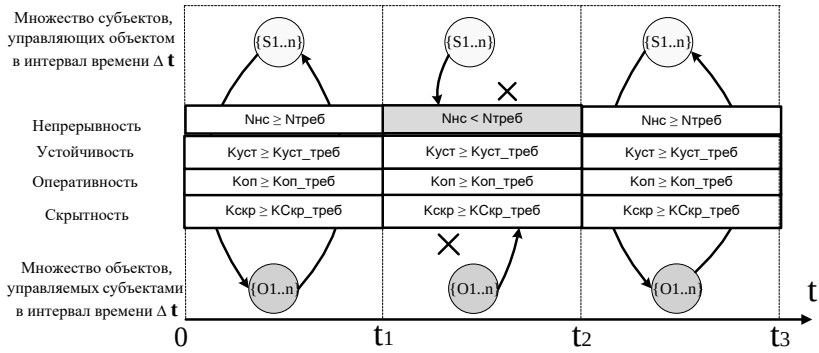


Рис. 2. Влияние состояния системы связи на процесс управления

Непрерывность управления будет обеспечена, если система связи будет способна своевременно гибко реагировать на изменения обстановки (деструктивное воздействие противника) при наличии требуемого ресурса связи на всем временном интервале выполнения поставленной задачи с t_0 до t_3[5].

Как известно, построение системы связи определяется организацией управления, определением мест развертывания пунктов управления (ПУ), в том числе по этапам выполнения поставленной задачи, а также порядок передачи управления с одного ПУ на другой при выходе из строя элементов системы управления. В целях анализа смены структуры системы связи во времени выделим возможные её состояния:

1. Требуемое (планируемое) состояние системы связи, организуемое на основании положений руководящих документов по вопросам обеспечения управления, гарантированно обеспечивающее условие $N_{нс} > N_{треб}$.

2. Допустимое состояние системы связи, организуемое на основании схемы – приказа узлу связи, с учетом текущей обеспеченности и состояния средств связи рассматриваемого субъекта управления и позволяющая еще по количеству функционирующих направлений связи обеспечить непрерывность управления силами авиации, т.е. $N_{нс} = N_{треб}$

.

3. Прогнозируемое состояние системы связи, представляющее собой ожидаемое состояние ресурса системы связи на рассматриваемых элементах системы управления, с учетом вероятного воздействия противника и влияния других различных внешних и внутренних факторов обстановки. Полагая при этом, что высока вероятность наличия моментов, когда $N_{нс} < N_{треб}$

В условиях вооруженной борьбы изменение структуры системы ПУ прогнозируемо влечет за собой изменение технической основы системы управления – системы связи. Однако, этот процесс происходит с определенной степенью инерции, связанной с затратами времени на переключение каналов связи, включение резервной аппаратуры связи, согласования вопросов организации связи между узлами, а также наличием внешних и внутренних факторов, влияющих на непрерывность управления авиационным формированием. Также необходимо учитывать, что при перестроении системы управления и передаче управления на другой ПУ, возможности запасных ПУ по управлению объектами, как правило, меньше чем у основного ПУ. Данное обстоятельство еще более усложняет гарантированное выполнение требования к системе связи по опережающей готовности технической основы системы управления относительно органа управления.

Учитывая указанные обстоятельства, приоритетным направлением в интересах недопущения потери управления на j- м ПУ является установление момента времени, когда система связи не обеспечит наличие у органа управления требуемого ресурса ($N_{нс} \geq N_{треб}$). При этом, система управления должна своевременно осуществить контроль состояния ресурса связи (направлений связи) на тех элементах системы управления, с которых согласно установленного порядка осуществляться решение задач управления, а также давать рекомендации по смене ПУ либо по изменению состояния системы связи в интересах реализации установленного порядка управления в целях обеспечения его непрерывности.

2. Модель мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи

В целях решения задачи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием за счет обеспечения функционирования необходимого числа направлений связи, а также предоставления время для восстановления состояния нарушенной структуры системы связи авторами предлагается структурная схема модели мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи [6] представленная на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема модели мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи (вариант)

Наибольшее влияние на непрерывность управления авиационным формированием оказывают устойчивость и пропускная способность системы связи, ввиду зависимости указанного качества управления от временных интервалов потери управления и времени на его восстановление [4].

Заключение

Таким образом, предлагаемая модель мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи позволит органу управления с учетом анализа сложившейся обстановки (наличия на предлагаемых ПУ оперативного состава, сил непосредственно выполняющих поставленную задачу, обеспечивающих сил, а также других условий и факторов) повысить оперативность выбора наиболее рационального по состоянию ресурса связи ПУ и тем самым обеспечить качество управления авиационным формированием.

Список литературы

1. Белоусов С. С , Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием / С. С Белоусов, П. А. Федюнин // сб. мат. XXI Международной конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2021) (Воронеж, 11−12 февраля 2021 г.). – Воронеж, 2021. – С. 1696-1698.
2. Алтухов П. К. , Основы теории управления войсками/ И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е. Татарченко; Под ред. П. К. Алтухова. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.
3. Боговик А. В., Теория управления в системах военного назначения: учебник./ А.В. Боговик, В.В. Игнатов – СПб.: ВАС. 2008. – 460 с.
4. Белоусов, С. С Подход к построению пространственно-временной модели управления подразделением истребительной авиации при выполнении задач по предназначению / С. С Белоусов, Ю. Е. Донсков, П. А. Федюнин // Военная Мысль. – 2021. – № 5. – С. 65-76.
5. Белоусов, С. С , Проведение исследований непрерывности управления авиационным формированием с использованием средств компьютерного моделирования / С. С Белоусов, П. А. Федюнин, С. П. Юрченко // сб. мат. XXI Международной конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2021) (Воронеж, 11−12 февраля 2021 г.). – Воронеж, 2021. – С. 1623-1627.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661142 от 06.07.2021 г Программа для проведения мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи. / Белоусов С.С..; заявитель и правообладатель Белоусов С. С., заявка №. 202161 9702; в реестре программ для ЭВМ 06.07.21.

Алгоритм расчета характеристик атмосферной циркуляции при среднесрочном прогнозе погоды

С. В. Беспалов, email: antonn58@ya.ru

ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Аннотация. *Разработан автоматизированный способ и создан графический пользовательский интерфейс расчета типа атмосферной циркуляции.*

Ключевые слова: *атмосферная циркуляция, барическое образование, индекс зональной и меридиональной циркуляции, сетка точек, алгоритм расчетов.*

Введение

В связи с изменением климата в последнее десятилетие проводится усиленное изучение процессов общей циркуляции атмосферы и условий формирования аномальных явлений погоды, что позволит значительно сократить потери от их наступления. Проблема среднесрочного предсказания погоды неразрывно связана с познанием закономерностей общей циркуляции атмосферы и с проблемой прогноза крупномасштабных атмосферных процессов. Исходя из того, что гидродинамическая предсказуемость квазистационарных режимов атмосферной циркуляции не велика (15 суток), цель исследования заключается в выявлении характерных типов атмосферной циркуляции, анализе временных рядов циркуляционных режимов и разработке алгоритма расчета характеристик атмосферной циркуляции при среднесрочном прогнозе погоды.

1. Разработка алгоритма

Исследователи в работах [1, 2, 3] базируются на той или иной типизации синоптических процессов, и уместно поставить вопрос о содержании понятия, вкладываемого в слово типизация. Так каждая типизация преследует разграничение совокупности погод, изучаемых по синоптическим картам, на однородные по тому или другому признаку совокупности. Таким образом, количественные изменения и территориальные сдвиги в протекании метеорологического процесса по тому или иному типу до определенного их размера могут не приниматься во внимание, в случае же значительных отклонений они относятся уже к другому типу, т. е. принимаются качественно различны. Одна из наиболее

© Беспалов С. В., 2022

важных групп типизаций это типизации, проводимые для целей прогноза погоды. Прогноз требует точного диагноза не только состояния атмосферы, но и происходящего в ней процесса.

Циркуляция атмосферы является одним из основных погодообразующих факторов. Для центральных областей Европейской части России западный перенос воздушных масс является преобладающей формой циркуляции. Временами западный перенос нарушается меридиональным, который, как правило, сопровождается резкими изменениями погоды. Режим циркуляции атмосферы имеет сезонные особенности, которые представляются в повторяемости различных барических образований над определенными районами. В таблице приведена типизация, барических образований над территорией Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) за период 2001–1019 гг. Из таблицы видно, что в течение года циклонические и антициклонические поля имеют почти одинаковую повторяемость, с небольшим перевесом циклонов.

Таблица

Повторяемость (%) различных барических образований на территорией ЦЧР

Циклоны	Малоградиентное поле пониженного давления	14.4
	Стационарный циклон	3.1
	Западный	21.9
	Северо-западный	5.8
	Южный, юго-западный, юго-восточный	3.5
	Возникающий над ЕТС	4.4
	ВСЕГО	**53.1**
Антициклоны	Малоградиентное поле повышенного давления	6.9
	Стационарный антициклон	9.1
	Азорский	14.8
	Сибирский	1.5
	Скандинавский	14.6
	ВСЕГО	**46.9**

Для количественной оценки интенсивности и возмущенности атмосферной циркуляции в метеорологии применяются разного рода численные индексы. В Российской Федерации для численной оценки интенсивности воздушных переносов широкое распространение получила система индексов, предложенная А. Л. Кацем [4].

Исходя из того, что для соответствующего района изменение зонального потока массы воздуха на выбранном участке зависит только

от колебаний среднего градиента давления на участках меридианов, включенных в эту зону, а меридионального потока массы – от среднего градиента давления на участках параллелей, А. Л. Кац для оценки индексов зональной (I_3) и меридиональной (I_m) циркуляции предложил подсчитывать средние меридиональные и зональные градиенты.

Для подсчета индекса зональной циркуляции I_3 в мбар/1°экв. или дам/1°экв., пропорционального среднему меридиональному градиенту, А. Л. Кацем предложена следующая формула:

$$I_3 = \frac{b\sum_{1}^{i} n_i}{(\varphi_1 - \varphi_2)} \qquad (1)$$

Аналогично выглядит и формула для подсчета индекса меридиональной циркуляции I_m в мбар/1°экв. или дам/1°экв., пропорционального среднему зональному градиенту:

$$I_m = \frac{b\sum_{1}^{j} m_i k}{(\lambda_1 - \lambda_1)_j} \qquad (2)$$

где в формулах (1) и (2) b – интервал, через который проводятся изобары (5 мбар) или изогипсы (4 дам) на синоптических или картах барической топографии;

i – число меридианов, на которых подсчитываются меридиональные градиенты давления между параллелями φ_1 и φ_2;

j – число параллелей, на которых подсчитываются зональные градиенты давления между меридианами λ_1 и λ_2;

n – число пересечений изобарами (изогипсами) меридианов;

m – число пересечений изобарами (изогипсами) параллелей;

$k = 1/\cos\varphi$ – постоянный для каждой широты поправочный коэффициент, введенный для сравнимости индексов меридиональной циркуляции, подсчитанных для различных районов. Множитель k показывает отношение длины дуги на экваторе к длине дуги на данной параллели.

Для оценки соотношения интенсивности зональной и меридиональной циркуляции часто используют безразмерный индекс.

$$I_0 = I_m / I_3 \qquad (3)$$

Индекс I_0 называется общим индексом. Он дает возможность относить синоптические процессы либо к меридиональному, либо к широтному типу [4,5].

Данный метод применяется для расчета индексов зональной и меридиональной циркуляции для Атлантико-Евразийского сектора северного полушария. В качестве исходного материала используются фактические карты AT_{500}. В работе [6], сделано предположение о возможности использования прогностических карт барической топографии.

Расчет индексов циркуляции осуществляется для зоны, расположенной между 35 и 70° с. ш. Поскольку атмосферные процессы за один срок в высоких и низких широтах могут значительно отличаться друг от друга, то целесообразно индексы вычислять как для всей зоны 35–70° с. ш., так и по полузонам 35–52° и 52–70° с. ш.. Процессы относят к меридиональному типу, если во всей зоне или хотя бы в северной ее части $I_0 > 0,75$, так как в северной половине основной зоны возмущенность процессов больше, чем в южной.

Подсчет индексов циркуляции в зоне 35–70° с. ш. производится раздельно по двум секторам. На рис. 1 изображена стандартная сетка точек, с которой снимаются исходные данные для подсчета индексов циркуляции I_3 и I_m в дам/1°экв. в Атлантико-Евразийском секторе.

Индексы I_3 и I_m подсчитываются по формулам (4) и (5) в виде средних из градиентов геопотенциала на 1° меридиана или экватора на соответствующих участках:

$$I_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}\left(\frac{\Delta H}{\Delta\varphi}\right)_i \qquad (4)$$

$$I_m = \frac{1}{m}\sum_{m=1}^{j=m}\left(\frac{\Delta H}{\Delta\lambda\cos\varphi}\right)_j \qquad (5)$$

где ΔH – разность геопотенциалов в геопотенциальных декаметрах на границах зоны на каждом из выбранных i меридианов и на границах сектора на каждой из параллелей;

$\Delta\varphi$ – ширина зоны в градусах широты;

$\Delta\lambda$ – ширина сектора в градусах долготы;

n – число меридианов; m – число параллелей;

$1/\cos\varphi$ – множитель для перевода длины дуги параллели на широте φ в длину дуги экватора°.

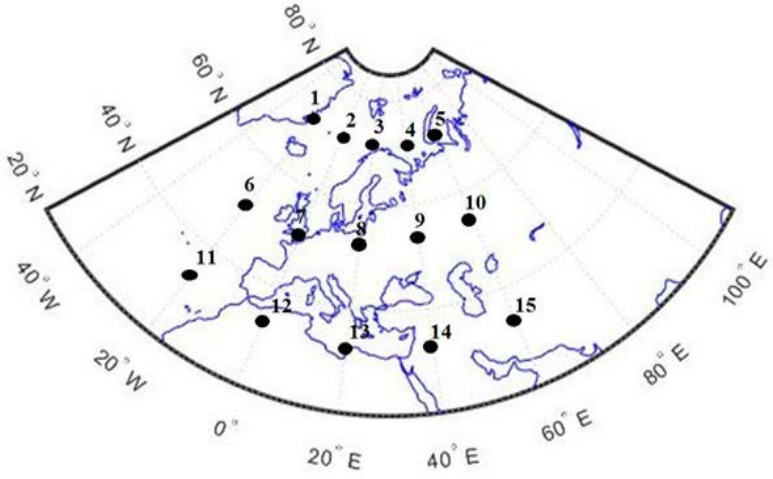


Рис. 1. Стандартная сетка точек, с которой снимаются исходные данные для подсчета индексов циркуляции I_3 и I_m

2. Алгоритм расчетов

Разность высот изобарической поверхности в геопотенциальных декаметрах (ΔH) как вдоль меридиана, так и вдоль широты может быть и положительной и отрицательной относительно осей координат, одна из которых считается направленной на север, а другая на восток ($\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ всегда положительны). Для оценки типа макропроцессов индексы подсчитываются по картам AT_{500} .

В ходе численного эксперимента выявлено, что для количественной оценки характера атмосферной циркуляции по А.Л. Кацу для территории ЦЧР целесообразно использовать формулы 2.3-2.5 и схему точек на рис. 1. Для автоматизации процесса расчета был разработан графический пользовательский интерфейс (рис.2).

Для оценки характера атмосферной циркуляции с помощью графического пользовательского интерфейса необходимо с использованием стандартной сетки точек (рис. 1), в зоне 35–70°с.ш. и 40°з.д.–100°в.д. рассчитать индексы зональной I_3 и меридиональной I_m циркуляции.

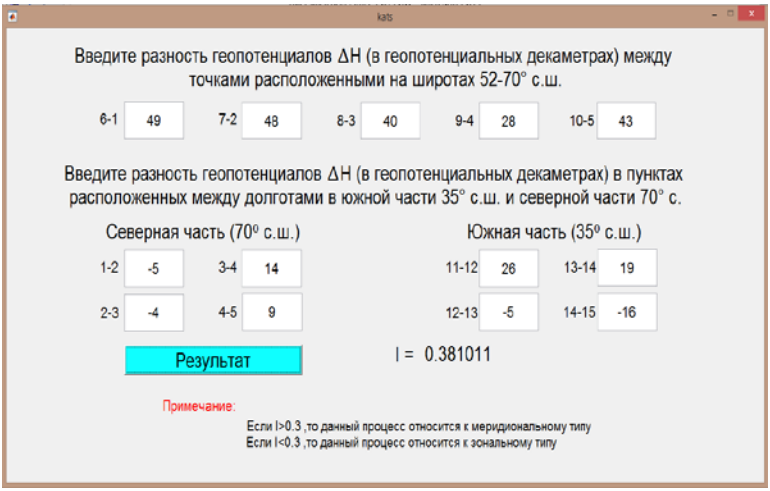


Рис. 2. Графический пользовательский интерфейс

Разработан автоматизированный алгоритм количественной оценки характера атмосферной циркуляции. Содержание данного алгоритма, сводится к выполнению следующих мероприятий:

Шаг 1. Для подсчета индекса зональной циркуляции I_3 необходимо рассчитать разность геопотенциалов ΔH в геопотенциальных декаметрах между точками расположенными на широтах 52–70° с.ш. Расчет разности между широтами считается с юга на север. Точки, между которыми рассчитывается разность: для зоны 52–70° с.ш (6–1;7–2;8–3;9–4;10–5). Индекс зональной циркуляции I_3 для зоны 52–70° с.ш соответствует удвоиному значению индекса зональной циркуляции I_3 для зоны 35–70° с.ш. Для того чтобы получить индекс зональной циркуляции I_3 для всей зоны 35–70° с.ш. необходимо разделить на два полученное значение индекса зональной циркуляции I_3 для зон 52–70° с.ш.

Шаг 2. Для расчета индекса меридиональной циркуляции I_m необходимо рассчитать разность геопотенциалов ΔH в геопотенциальных декаметрах на пунктах расположенных между долготами в южной части 35° с.ш. и северной 70° с.ш. Расчет разности между долготами рассчитывается с запада на восток. Точки, между которыми рассчитывается разность:

а) для северной части расположенной на 70° с.ш: (1–2;2–3;3–4;4–5);

б) для южной части расположенной на 35° с.ш: (11 12;12-13;13-14;14–15).

Индекс меридиональной циркуляции I_m для всей зоны 35–70° с.ш. рассчитывается как среднее значение из индексов южной (35° с.ш.) и северной (70° с.ш.) части.

Разность давления, как вдоль долготы, так и вдоль широты может быть и положительной и отрицательной относительно осей координат.

Шаг 3. Общий индекс атмосферной циркуляции I_0 определяется как отношение индекса меридиональной циркуляции к индексу зональной циркуляции: $I_0 = \frac{I_m}{I_3}$.

В качестве примера выполним расчет индекса циркуляции атмосферы с использованием карты AT_{500} и разработанного графического интерфейса.

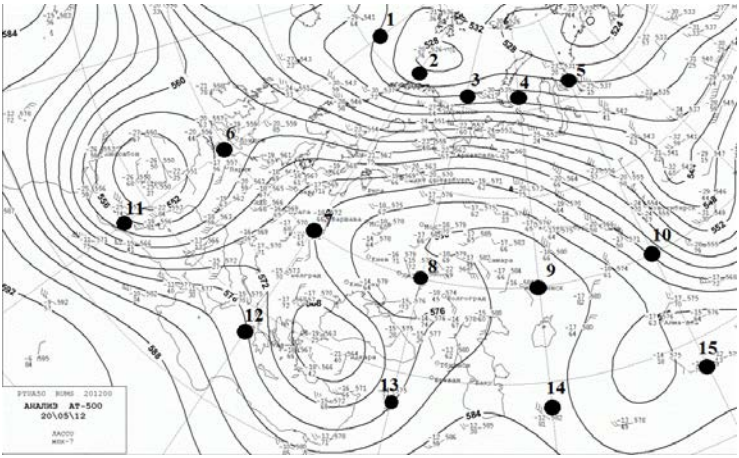


Рис. 3. Карта АТ-500 с нанесенной стандартной сеткой точек для расчета индекса циркуляции атмосферы

Пример расчета изображен на рис. 2 и 3. Используя вышеприведенное решающее правило, так как общий индекс атмосферной циркуляции равен 0.38, следовательно, циркуляция, изображенная на рис. 3 относится к меридиональному типу, что и подтверждается субъективной оценкой. Меридиональный тип циркуляции свидетельствует о возможности засушливого периода летом или периода с аномально низкими температурами зимой.

Заключение

В рамках выполнения работы исследовалось соответствие порогового значения общего индекса атмосферной циркуляции (I_0), рассчитанной по вышеприведенному алгоритму с субъективной оценкой опытного метеоролога. В результате анализа численного эксперимента (210 случаев) пороговое значение рекомендуется изменить с 0.75 на 0.3.

В качестве критерия оценки зональности или меридиональной следует руководствоваться величиной $I_0 = 0.3$. Если $I_0 > 0.3$, то процесс меридиональный; если $I_0 < 0.3$ то процесс зональный.

Список литературы

1. Алпатьев А. М., Иванова В. Н. Характеристика и географическое распределение засухи // В кн.: Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. – Л. : Гидрометеоиздат, 1958. – С.31-45.
2. Бардин М. Ю. Региональные квазистационарные режимы зимней циркуляции умеренных широт Северного полушария. Пространственное распределение и горизонтальная структура флуктуации // Метеорология и гидрология. – 1999. – № 2. – С. 12-24.
3. Дзердзеевский Б. Л. Проблема изучения аридных и семиаридных областей в СССР // В кн.: Климатология и макроклиматология. – М. : Прогресс, 1964. – С. 382-395.
4. Бауман И.Л., Кондратович К.В., Савичев А.И. Практикум по долгосрочным прогнозам погоды. – Л. : Гидрометеоиздат, 1979. – 130 с.
5. Lackmann G. Midlatitude Synoptic Meteorology: Dynamics, Analysis, and Forecasting. // Boston: American Meteorological Society – 2012. – 234 p.
6. Беспалов С. В., Минаев И.М. Усовершенствование численной схемы прогноза геопотенциальной высоты изобарической поверхности / С. В. Беспалов, И. М. Минаев// Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XVIII международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2018. – т. 2. – С. 45-49.

К вопросу организации опереточной службы на объектах радиотехнического обеспечения аэродромов государственной авиации

А. В. Блинов, blinov.76@yandex.ru
А. Г. Иванутkин, e-mail: mazurova83@mail.ru
С. Н. А. Авилес, blinov.76@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *В статье представлен анализ факторов, которые влияют на организацию оперативной службы на объектах радиотехнического обеспечения аэродромов государственной авиации. Рассматриваемые факторы играют важную роль при организации оперативной службы и имеют большое значение для успешного функционирования объектах радиотехнического обеспечения в различных условиях обстановки.*

Ключевые слова: *объект связи и радиотехнического обеспечения, государственная авиация, оперативная служба.*

Введение

Основной службой на объектах радиотехнического обеспечения аэродромов государственной авиации является оперативная служба. Оперативная служба на объекте радиотехнического обеспечения представляет собой совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение своевременного и достоверного обмена всеми видами информации по управлению авиационными формированиями [1].

Оперативная служба организуется в соответствии с количеством и сложностью решаемых объектом радиотехнического обеспечения задач, особенностями его структуры, составом необходимой аппаратуры, наличием и подготовкой обслуживающего персонала.

При организации оперативной службы на объектах радиотехнического обеспечения необходимо учитывать целый ряд факторов, влияющих на организацию оперативной службы на объекте, которые можно условно разделить на четыре группы: оперативно-тактические, организационно-технические, геофизические и временные [2].

© Блинов А. В., Иванутkин А. Г., Авилес С. Н. А., 2022

1. Оперативно-тактические факторы

К оперативно-тактическим факторам можно отнести: задачи авиационных формирований и порядок их выполнения, воздействие внешних факторов, организацию взаимодействия, принятую систему пунктов управления, базирование авиационных формирований.

Задачи авиационных формирований и порядок их выполнения оказывают существенное влияние на организацию оперативной службы на объекте радиотехнического обеспечения, построение системы связи и автоматизированной системы управления. Исходя из этого, объекты радиотехнического обеспечения должны быть построены с таким расчетом, чтобы не возникала необходимость в их коренной перестройке при изменении выполняемых задач и имелся резерв средств для наращивания и увеличения пропускной способности системы связи и радиотехнического обеспечения.

Противник будет стремиться нарушить функционирование объектов радиотехнического обеспечения воздействием огневых средств и средств радиоэлектронной борьбы. Следует ожидать применение противником различных средств поражения, при этом угроза применения оружия массового поражения сохраняется до настоящего времени. Поэтому при организации оперативной службы на объектах радиотехнического обеспечения необходимо предусматривать мероприятия защиты средств связи и радиотехнического обеспечения от радиоэлектронного подавления, а также объекты радиотехнического обеспечения должны быть построены таким образом, чтобы обеспечивалась их высокая живучесть.

При выполнении поставленных задач авиационные формирования осуществляют взаимодействие с подразделениями своего формирования, авиационными частями других родов авиации, сухопутными войсками, частями зенитно-ракетных войск, частями и подразделениями радиоэлектронной борьбы. Для осуществления взаимодействия между экипажами воздушных судов различных родов авиации в воздухе, между экипажами воздушных судов и наземными пунктами управления, между взаимодействующими наземными пунктами управления необходимо планировать дополнительные информационные направления. При организации взаимодействия учитывают возможности средств связи и радиотехнического обеспечения, рубежи передачи управления в ходе выполнения задач.

Таким образом, особенности взаимодействия с указанными пунктами управления и воздушными судами видов и родов авиации войск, специальных войск государственной авиации при решении совместных задач оказывают влияние на количество информационных

направлений, каналов связи, корреспондентов, следовательно, и на распределение средств связи и радиотехнического обеспечения по пунктам управления, их типы, диапазоны рабочих частот и режимы работы.

2. Организационно-технические факторы

Принятая система пунктов управления оказывает влияние на выбор мест развертывания объектов радиотехнического обеспечения, организуемые направления связи, а также на организационно-штатную структуру подразделений связи, радиотехнического обеспечения и автоматизированных систем управления. Пункты управления объединяются в систему пунктов управления авиационными формированиями. Пункты управления различных родов войск, видов и родов Вооруженных Сил могут совмещаться в целях организации взаимодействия, повышения эффективности применения разнородных сил и средств. Разветвленная система пунктов управления требует их оборудования соответствующими средствами связи, радиотехнического обеспечения и комплексами средств автоматизации, организации каналов связи в интересах обеспечения информационного обмена между наземными пунктами управления и экипажами воздушных судов в воздухе.

Авиационному формированию для базирования выделяется несколько аэродромов (основной и др.). При организации связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления необходимо учитывать удаленность аэродромов (вертолетных площадок) от линии соприкосновения войск, которая будет влиять на досягаемость огневых средств и средств радиоэлектронной борьбы противника, что в свою очередь повлияет на устойчивость функционирования систем связи и радиотехническое обеспечение, автоматизированную систему управления авиационного формирования. Кроме того, большая удаленность аэродромов (вертолетных площадок) от линии соприкосновения войск может создать определенные трудности при организации воздушной радиосвязи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления. В зависимости от складывающейся обстановки авиационные формирования могут перебазироваться на новые аэродромы с высокой периодичностью. Перебазирование должно осуществляться скрытно. Это предъявляет высокие требования к таким свойствам объектов радиотехнического обеспечение, как высокая готовность к выполнению задач по предназначению и мобильность.

Организационно-техническое построение объекта радиотехнического обеспечения определяется его предназначением. В зависимости от характера выполняемых задач, оперативно-тактического

построения, принятой системы управления объектом радиотехнического обеспечения силы и средства связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления и инженерно-технических систем организационно и технически объединяются в элементы объекта радиотехнического обеспечения.

Элемент объекта радиотехнического обеспечения – это часть сил и средств объекта радиотехнического обеспечения, выполняющих функционально однородную задачу. В зависимости от важности и специфики выполняемых задач элементы объекта радиотехнического обеспечения могут именоваться центрами, отделами, отделениями, станциями, постами. В зависимости от предназначения объектов радиотехнического обеспечения некоторые центры (отделы, станции, посты) могут отсутствовать или группироваться с другими в один комплексный элемент объекта.

3. Геофизические и временные факторы

Геофизические условия учитывают: рельеф местности, дорожную сеть, наличие морских акваторий, лесных массивов и т.п., климатические условия, погоду и условия распространения радиоволн. Таким образом, с учетом местности, погоды и других климатических и физико-географических условий определяются целесообразность использования каждого средства связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления, мероприятия по подготовке личного состава и техники в целях успешного выполнения задач по обеспечению связи и радиотехнического обеспечения, и автоматизации управления. Умелое использование геофизических условий позволяет более эффективно применять средства, осуществлять организацию радиотехнического обеспечения и автоматизацию управления в более короткие сроки, а также успешно выполнять задачу защиты личного состава и техники от поражения всеми видами современного оружия.

Временные условия учитывают: время года, суток; наличие времени на организацию радиотехнического обеспечения.

Заключение

Таким образом, влияние вышеперечисленных факторов проявляется комплексно. Степень влияния того или другого условия может быть различна и будет зависеть от конкретной оперативно-тактической обстановки. При организации оперативной службы на объектах радиотехнического обеспечения аэродромов государственной авиации необходимо учитывать все представленные факторы и правильно определять приоритеты их важности.

Список литературы

1. Ивануткин А. Г., Блинов А. В. Вопросы определяющие подход к организации оперативно-технической службы на центрах радиотехнического обеспечения узлов связи и радиотехнического обеспечения ВКС // Материалы XXII НТК ИСТ-2016. – Н.Новгород: НГТУ, 2016. – С. 34–35.

2. Кармнов В. Н., Левоненко А. А., Прокопенко В. В., Сеченев Д. М., Солонцов О. П. Условия, определяющие организацию связи, радиотехнического обеспечения и автоматизацию управления в авиационных частях. – Тамбов : ТВВАИУРЭ (ВИ), 2007. – 157 с.

Имитационное моделирование системы управления беспилотного летательного аппарата Ястреб-1

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru
С. В. Ипполитов, email: dimkaao@yandex.ru
Д. В. Лопаткин, email: dimkaao@yandex.ru
Д. Е. Титов email: dimkaao@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В докладе предложена методика имитационного моделирования системы управления бортового оборудования беспилотного летательного аппарата Ястреб-1 для проведения летного эксперимента, беспилотный летательный аппарат, вертикальный взлёт и посадка, стабилизация высоты, система технического зрения, моделирование, система управления.*

Ключевые слова: *Беспилотный летательный аппарат, система управления, имитационное моделирование, методика.*

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БпЛА) все больше набирают популярность во многих сферах жизнедеятельности людей, в том числе и в силовых ведомствах, для выполнения следующих специальных задач: поиск, обнаружение очагов природных и техногенных аварий и катастроф. Так же не стало исключением и Вооруженные силы РФ, представители руководства которых проявляют огромный интерес к изучению и созданию данных летательных аппаратов. Однако, в каждом случае выполнение задач будет иметь свои особенности, связанные с конструкцией силовой установки, компоновки бортового оборудования (БО) БпЛА и отладка программного обеспечения их систем [1].

Важным этапом в создании БпЛА является синтез структуры составных частей, успешное выполнение которого позволит обеспечить точное управление и надежную работу всего комплекса бортового оборудования, включая имитационное моделирование системы управления для отладки программного обеспечения (ПО) [2].

Рассмотрим методику имитационного моделирования системы управления БпЛА Ястреб-1, изготовленного курсантским конструкторским бюро для летного эксперимента в рамках создания

© Бондарев В. Г., Ипполитов С. В., Лопаткин Д. В., Титов Д. Е., 2022

беспилотного боевого авиационного комплекса Рой-93. БпЛА Ястреб-1 представляет собой конвертоплан с профилем фюзеляжа типа летающее крыло. Стоит отметить, что данная система управления универсальна для аппаратов такого класса. Отличие в составных частях будет состоять лишь в особенности моделирования отдельных параметров полета (углы атаки, рыскания, тангажа) каждого летательного аппарата.

Методика

Курсантским-конструкторским бюро 93 кафедры в процессе работы по созданию конвертоплана Ястреб-1 была разработана оптимальная и наиболее понятная методика имитационного моделирования системы управления БпЛА, включающая следующий порядок действий [3].

До подачи электропитания, согласно маркировки указанной на автопилоте (АП) произвести подключение соответствующих элементов электрической схемы.

Подключить аккумуляторные батареи в электросеть БпЛА и дождаться соответствующего сигнала от звукового устройства АП (Buzzer), который информирует оператора, производящего настройку о положительных результатах встроенного контроля АП.

Запустить ЭВМ с установленным ПО (QGroundControl) и произвести синхронизацию БпЛА с ПЭВМ непосредственным или дистанционным методами.

При использовании непосредственного метода необходимо подключить кабель передачи информации от полетного контроллера беспилотного летательного аппарата к ПЭВМ соответствующими разъемами и штекерами.

Для использования дистанционного метода на БпЛА и ПЭВМ следует подключить устройства для телеметрии полетных данных.

Выбор метода определяется в зависимости из условий и особенностей выполняемых задач.

Перейдем к моделированию работы БО с использованием специального программного обеспечения (СПО). Перед началом работы необходимо выбрать соответствующую версию прошивки ПО АП. Для этого в правом верхнем углу необходимо выбрать вариант прошивки и подтвердить свой выбор.

По завершению загрузки необходимой прошивки в АП, сигнализируется звуковой сигнал от Buzzer.

Следующим пункт предусматривает выбор типа БпЛА, в зависимости от используемых в нем электрических двигателей. При этом каждому типу БпЛА предусмотрены варианты модификации [4]. В зависимости от выбранной модификации будут зависеть работа АП БпЛА на всех этапах полета.

После выбора типа размещения ЭД в конструкции БпЛА необходимо сохранить выбранные параметры, выполнить перезагрузку и ожидать повторной включения АП.

Далее необходимо осуществить калибровку измерительных систем АП: магнитометра, гироскопа, акселерометра и авиагоризонт.

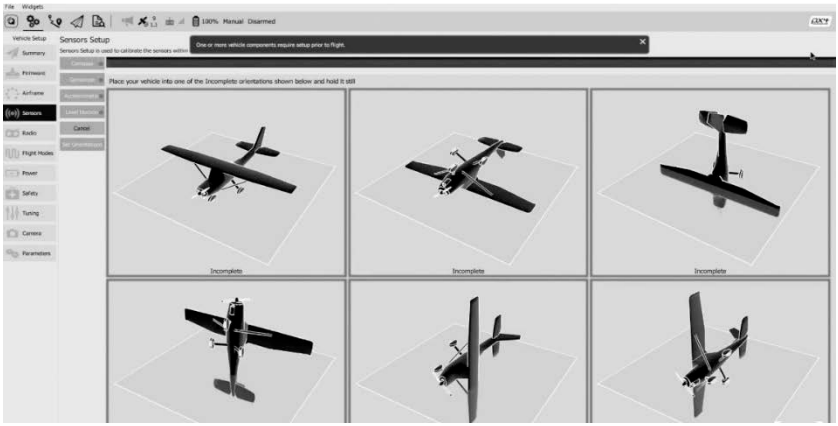


Рисунок. Интерфейс пользователя СПО, используемое для осуществления наглядного моделирования работы БО имитацией положения БпЛА в пространстве

Калибровка магнитометра, если он установлен на БпЛА строго по направлению маркировки стрелки, не выполняется. Если же размещение магнитометра выполнено под каким-либо углом, то необходимо в настройках ПО задать параметр, отвечающий за его ориентацию. После этого на экране ПЭВМ появляется изображение с расположением летательного аппарата. Необходимо произвести незначительные пространственные перемещения БпЛА до тех пор, пока не произойдет окончательная калибровка магнитометра [5].

После выполнения калибровки необходимо сохранить данные. По окончанию калибровки магнитометра слева у названия данного пункта будет отображаться зеленый индикатор.

Калибровка гироскопа заключается в установке БпЛА в неподвижное состояние (желательно на ровную поверхность) и нажатии кнопки “Калибровка” в СПО на ПЭВМ. В течении некоторого времени АП и СПО ПЭВМ автоматически выполнит настройку гироскопа. По окончании калибровки на экране ПЭВМ появится соответствующая индикация зеленого цвета.

Для калибровки акселерометра необходимо определить угловые положения АП (в случае, если АП установлен ровно, то ничего менять не нужно). Далее путем нажатия кнопки “Калибровать” в СПО ПЭВМ выполняется настройка акселерометра. Для этого необходимо устанавливать и зафиксировать БпЛА в определенных положениях, указанных в СПО ПЭВМ и контролировать по индикации на экране ПЭВМ угловые положения. В случае, когда БпЛА представляет собой большой аппарат, настройка акселерометра возможна отдельно, но тогда остальные параметры следует настраивать при полной сборке АП и корпуса БпЛА с помощью магнитометра.

Калибровка авиагоризонта заключается в том, чтобы расположить БпЛА в пространстве относительно истинной вертикали так, как он должен будет находиться во время полета или принимать положение без воздействия каких-либо управляющих сигналов. При этом ПЭВМ должно зафиксировать это положение БпЛА, приняв данную настройку нажатием на экране кнопку “Калибровать”.

Для дистанционного моделирования работы СПО БО БпЛА необходимо перейти в пункт “настройки радио”, выбрать на экране кнопку “Калибровать” и производить те же действия, которые отображаются на экране ПЭВМ для пульта дистанционного управления (ПДУ) с небольшим удержанием, чтобы система смогла зафиксировать данное изменение.

По окончанию калибровки необходимо нажать кнопку “next”. Завершение настройки сигнализируется аналогично звуковым сигналам на АП.

Далее выполняется настройка системы электроснабжения (СЭС) БпЛА. Для этого в меню СПО ПЭВМ, в параметре “Power” в первом разделе указываем количество аккумуляторных батарей (количество, емкость, ток заряда, минимальное напряжение), далее выполняется калибровка датчика напряжения в СЭС, для этого необходимо нажать кнопку “Калибровать” датчик напряжения.

Параметры для дополнительной калибровки АКБ, необходимо отключить их из СЭС и с помощью кнопки “Калибровать”, произвести отладку дополнительных параметров, после чего последует звуковой сигнал АП, и подтвердить операцию нажатием кнопки “ОК”.

Следующей операцией является моделирования режима безопасности полета БпЛА (Safety). Здесь возможны следующие признаки для возврата и вынужденной посадки БпЛА. Первый признак связан с минимальным значением заряда аккумулятора, чтобы при необходимости совершить посадку в заранее заданной точке, либо на непосредственном месте полета, при разрядке АКБ.

Следующий признак предполагает защиту БпЛА от потери связи с ПДУ или командой станцией. Для этого в АП запрограммированы следующие алгоритмы:

– возврат на заданное место посадки/взлета;

– продолжение полета с заданными параметрами и с повторным поиском пульта дистанционного управления;

– вынужденной посадка с последовательным отключением и блокировкой всех систем БпЛА.

В СПО ПЭВМ предусмотрено имитационное моделирование дальности функционирования радиокомандной линии, что позволит оператору с пульта дистанционного управления контролировать режим полета БпЛА, чтобы не происходило удаление летательного аппарата за применяемый радиус действия. При удалении БпЛА за допустимую область от ПДУ система будет информировать об этом на данное ПДУ и звуковой сигнализацией (можно включить как сигнализатор о данной ситуации или задать параметр возращения на место взлета/посадки по координатам). Кроме того, есть возможность ограничить высоту полета БпЛА аналогично ограничениям по дальности.

В СПО в зависимости от решаемых задач и установленной целевой нагрузки БпЛА возможно моделирование работы целевой нагрузки, например, бортовой видеокамеры.

Данная методика будет полезна при создании БпЛА подобного класса на этапе отладки БО и летных испытаний.

Необходимо отметить, что имитационное моделирование системы управления доступно лишь тогда, когда будет произведен её монтаж в корпус БпЛА, совместно с комплектом БО.

Заключение

Таким образом, разработанная методика, позволяет выполнить имитационное моделирование системы управления летательного аппарата Ястреб-1, спроектированного курсантским-конструкторским бюро, а также произвести настройку БО БпЛА для проведения наземных и летных экспериментов с обеспечением безопасности проведения полета и устойчивой работы всего комплекса в целом.

Список литературы

1. Бондарев, В. Г. Навигационные возможности оптико-электронных средств / В. Г. Бондарев, Д. В. Лопаткин, Е. В. Озеров // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского. – 2016. – № 4. – С. 123-129.

2. Никулин, Е. А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем: учебное пособие для вузов – СПб.: БЧВ-Петербург, 2004. – 460 с.

3. Бондарев В. Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Монгуш Д. С. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана COM-93. XVII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы», 14-15 февр. 2019 г.: / редкол.: А. В. Борисов [и др.]. – Воронеж: ВГУ, 2019. – Т. II. – С. 306-311.

4. Желанников А.И. Аэромеханика / А.И. Желанников. – М.: Наука, 2007. – С.81-96.

5. Павловский В. Е., Яцун С. Ф., Емельянова О. В., Стуканева С. П. Математическое моделирование робота с переменным вектором тяги / Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2015): труды 2-го Всеросс. научно-практ. семинара. – СПб.: Политехника сервис. 2015. – С. 99-106.

Программное обеспечение оптико-электронной системы межсамолетной навигации беспилотного летательного аппарата

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru
Д. В. Лопаткин, email: dimkaao@yandex.ru
О. Н. Роговенко, email: dimkaao@yandex.ru
М. А. Чернышов, email: mixail.chernyshov.00@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *В работе рассмотрены методы, подходы и средства, используемые для разработки оптико-электронной системы месамолетной навигации, в том числе, алгоритм работы системы технического зрения, обработки изображения, передачи данных в вычислитель и отображение в графическом интерфейсе оператора.*

Ключевые слова: *Система технического зрения, обработка изображения, вычисление координат, передача данных через websocket соединение, использование библиотеки OpenCV, графический интерфейс.*

Введение

Неоспоримым фактом является то, что на сегодняшний день тактика группового применения беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) в различных видах и формах строя вызывает к себе все больший интерес и способствует бурному развитию методов применения, а также прогрессу в сфере технических средств, обеспечивающих данный режим полета [1]. Ключевым средством, позволяющим реализовать данную идею является система межсамолетной навигации, от выбора которой во многом будет зависеть эффективность действий БпЛА при выполнении поставленных задач. Поэтому в ходе анализа существующих систем межсамолетной навигации и оценки их результативности в различных условиях и обстановке, рассмотрев все достоинства и недостатки, был предложен способ использования оптико-электронной системы межсамолетной навигации.

Основным её достоинством, особенно в сравнении с радиотехническими аналогами, является полная нечувствительность к средствам радиоэлектронной борьбы, что особенно актуально в современных военных конфликтах, учитывая высокие темпы развития

© Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Чернышов М. А. 2022

этих средств [2]. Также стоит отметить еще немаловажное достоинство, а именно, высокую точность определения относительных координат, которая позволяет предупреждать столкновения между БпЛА, обеспечивать полет в различных конфигурация строя, в том числе и в сомкнутом, а также изменять их положение в зависимости от сложившейся ситуации [3]. При всех перечисленных достоинствах оптико электронной системы существует и одна особенность. Работая в трудных метеорологических условиях могут возникнуть затруднения, обусловленные возникновением помех из-за густого тумана, дождя, обильного потока снега. Решение данной проблемы, связано с выбором диапазона излучения, в котором работает система, имеющим окно прозрачности и работой в импульсном режиме.

1. Алгоритм работы оптико-электронной системы

Алгоритм функционирования оптико-электронной системы межсамолетной навигации представлен следующей последовательностью действий [4]:

1. Обработка изображений ведомого БпЛА и определение координат изображений навигационных ИК-меток на фоточувствительной матрице цифровой фотокамеры ведомого БпЛА.
2. Вычисление координат ведомого относительно ведущего.
3. Вычисление отклонения текущих относительных координат от заданных.

Вычисление относительных координат происходит так: сначала находится нулевое приближение и рассчитывается первое приближение. Затем происходит вычисление Якобиана и обратной ему матрицы, а на основе дельты этой обратной матрицы можно получить разность между нулевым и первым приближениями.

Программная реализация данного алгоритма выглядит представлена на рис. 1 и 2.

```
// Вычисление нулевых приближений
const double x0 = ((lz1 - lz2) * Fo) / sqrt( pow( S1.y - S2.y,  2) + pow( S1.x - S2.x,  2));
const double y0 = (x0 * (x0 - (lx3-lx2)) * (S2.y - S3.y)) / ((lx3-lx2) * Fo);
const double z0 = ((-x0 * (-x0 + lx3) + (S2.x * ((lz3 / lz2)) - S3.x)) / (Fo * lx3)) + lz3;
const double gamma0 = atan( (S1.y - S2.y) / (S1.x - S2.x));
const double psi0 = 0;
const double epsilon0 = 0;
```

Рис. 1. Реализация вычисления нулевых приближений на языке программирования C++

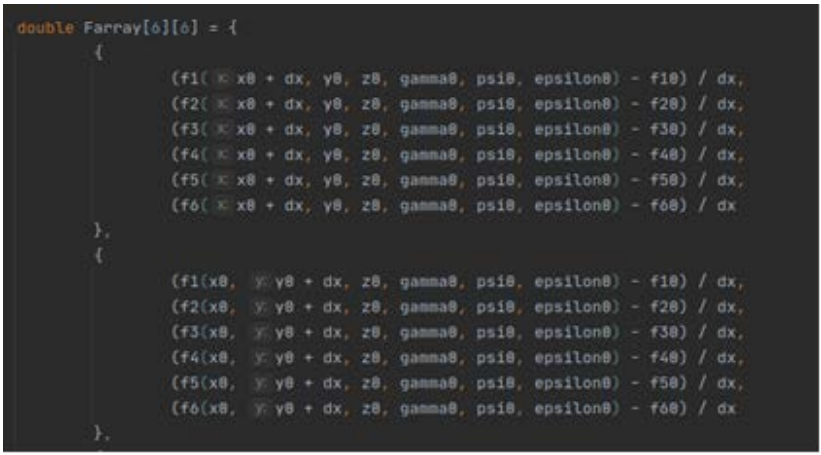


Рис. 2. Вычисление матрицы Якоби (Ф) на языке программирования C++

2. Разработка программного обеспечения

В ходе разработки программного обеспечения были выдвинуты следующие требования [5]:

– обеспечение контроля использования памяти в программе;

– обеспечение контроля использования вычислительных ресурсов процессора;

– обеспечение непосредственного контроля устройства видеокамеры;

– обеспечение гибкости в использовании повторяющихся архитектурных конструкций программирования.

Данный алгоритм программно реализован с помощью следующих средств разработки:

1. Язык программирования C++.
2. Среда разработки CLion.
3. Система сборки Cmake.
4. Система контроля версий git.
5. Язык программирования TypeScript.

Общая структура программы, включает два основных модуля:

2. Модуль вычисления относительных координат ведомого БпЛА.
3. Модуль графического интерфейса оператора.

Все операции, связанные с захватом и обработкой изображения, были выполнены с помощью функций и методов, взятых из открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Набор возможностей данной

библиотеки достаточно обширный и позволяет решать огромный перечень задач, связанных с обработкой изображения.

Веб интерфейс представляет собой веб-приложение, написанное на языке TypeScript расширяющем возможности языка javascript, отличительной особенностью которого является поддержка статической типизации, которая позволяет проверять правильность типа во время компиляции, а также его объектно-ориентированная направленность. Большая часть графической части была реализована при помощи библиотеки „react“, предназначенной для разработки веб приложений и предоставляющей обширный инструментарий для их разработки, в частности базовые функции многих стандартных элементов пользовательского интерфейса, что дает гибкость в работе. Для создания отдельных элементов интерфейса использовался фреймворк «Material UI».

Получение данных из модуля вычисления координат в пользовательский интерфейс

происходит путем передачи видеопотока через „websocket“ соединение, а значения вычисленных координат через „http api“. В Результате система получает данные в реальном времени и практически не имеет временных задержек.

Отдельное внимание стоит обратить на использование в программе цветовой модели HSV суть которой заключается в нелинейном преобразовании RGB модели. Как можно заметить в пользовательском интерфейсе есть слайдеры изменяющие ее параметры. Параметрами же этой модели являются:

– *H* („hue“ – цветовой фон), который варьируется в пределах 0...360;

– *S* („saturation“ – насыщенность) варьируетсся в пределах 0...100 или 0...1. Чем больше этот параметр, тем «чище этот цвет» поэтому к нему также применимо название «чистота света»;

– *V* („value“ – значение цвета или „brightness“ – яркость.), который так же задается в пределах 0...100 и 0...1.

Изменение значений этих параметров влияет на распознавание системой технического зрения ИК-меток. При этом если использовать интерференционный фильтр, представленный на рис. 3, изменение параметров цветового фона и насыщенность не требуется.

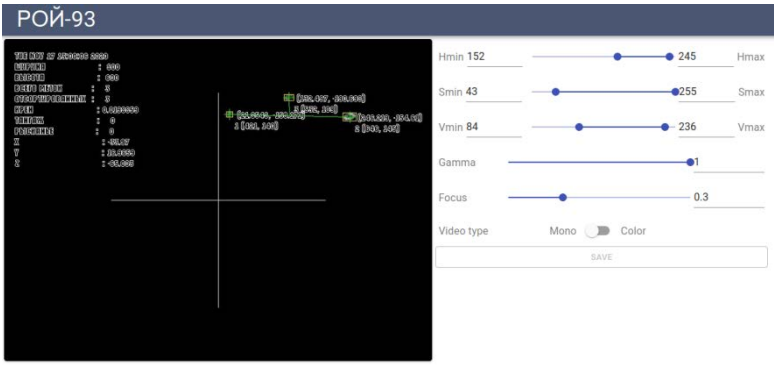


Рис. 3. Панель графического интерфейса оператора

Заключение

Рассмотрев все особенности использования оптико-электронной системы межсамолетной навигации, можно сделать вывод, что значительное повышение точности навигации, возможности, предоставляемые для группового полета строя БпЛА, полная нечувствительность к средствам радиоэлектронной борьбы и низкие экономические затраты сократят трудозатраты на ее производство и позиционируют данную систему как оптимальный выбор по соотношению цены и качества производителю.

Список литературы

1. Новичков Н.Н. Российское оружие в Сирии: анализ, итоги. М.: ООО «Статус», 2018. 336 с.

2. Приказчиков А.В., Оганесян А.А., Пастухов А.В. Помехоустойчивая аппаратура ГЛОНАСС/GPS промышленного назначения. Аэрокосмический курьер. №1 2013, С. 2-3.

3. Верба В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА. Монография. – М.: Радиотехника, – 2016. – 512 с.

4. Пат. 2626017 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/46. Способ навигации подвижного объекта [Текст] / Кудаев А.Н., Косенко А.А., Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Озеров Е.В., Лопаткин Д.В. (РФ); заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». – № 2016130484; заявл. 25.07.16. – 7 с.

5. Молчалов А.С. Иконические системы воздушной разведки. Основы построения, оценка качества и их применение в комплексах с БЛА / Молчалов А.С., Абрамов Д.В. – Волгоград: Панорама, – 2017. – С. 45-62.

Автоматизированное рабочее место исследования авиационных электроприводов

А. С. Бочаров, email: bocharov_a_s@mail.ru
В. В. Дармограев
И. В. Пищулин

ВУНЦ ВВС «ВВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Аннотация. В статье рассматривается один из подходов к построению автоматизированного рабочего места, позволяющего обучающимся самостоятельно изучить особенности построения и функционирования современных авиационных электроприводов, их систем управления. В качестве программы построения графического интерфейса рассматривается программа Microsoft Visual Studio.*

Ключевые слова: *авиационный электропривод, автоматизированное рабочее место, Simulink.*

Введение

В различных отраслях промышленности, науки и техники, в том числе авиации, для производства энергии, и ее использования в разнообразных электромеханизмах широко применяются электромеханические преобразователи – электропривода. Более 90 % всей вырабатываемой электроэнергии получают с помощью электромеханических генераторов, и не менее 60 % этой энергии потребляется электроприводами [1 – 2]. Это позволяет сделать вывод об актуальности изучения и исследования современных электроприводов обучающимися вузов, в том числе и курсантами военных вузов.

1. Постановка задачи исследований

Целью данной статьи является раскрытие возможностей программы Microsoft Visual Studio [3] для построения автоматизированного рабочего места (АРМ) по исследованию авиационного электропривода (АЭП).

Для создания интерактивной оболочки виртуального автоматизированного рабочего места по исследованию АЭП различных типов на основе моделей, созданных в пакете SimPowerSystem программы Simulink [4], воспользуемся возможностями программы Microsoft Visual Studio.

© Бочаров А. С., Пищулин И.В., Дармограев В.В., 2022

2. Решение задачи исследований

Нередко в программе Matlab возникает необходимость многократного запуска файла программы при других, измененных параметрах решаемой задачи. Возникает неудобство: в постоянном редактировании исходного текста программы и повторном или очередном ее запуске. При этом важен механизм управления переменными, который бы обеспечивал удобный интерфейс между программой и пользователем. При решении других задач могут возникнуть трудности с визуализацией какого-либо процесса, то есть некоторая переменная изменяться динамически в процессе решения поставленной задачи. Все эти и другие трудности, возможно, решить при использовании графического интерфейса, сформированного с помощью программы Microsoft Visual Studio [3].

Visual Studio представляет собой интегрированную среду разработки (Integrated Development Environment, IDE). IDE – это набор инструментов разработчика программного обеспечения, собранный в составе единого приложения и облегчающий труд программиста при написании приложений.

В состав Visual Studio входит целый набор типовых проектов, из которых каждый разработчик может подобрать именно то, что ему в данный момент требуется. Среда программирования автоматически создаст «скелет» будущего приложения, причем этот код можно немедленно скомпилировать и запустить на исполнение.

Как и любой процесс проектирования, процесс построения графического интерфейса пользователя можно разбить на следующие этапы.

На первом этапе проводиться анализ поставленной задачи и определяется количество и состав элементов управления необходимых для решения задачи.

На втором этапе создается форма графического интерфейса и на ней создаются элементы управления. Здесь же описываются и их свойства.

Задавать расположение и выравнивать элементы на форме описывать их свойства можно «вручную», но для удобства и быстроты используют редактор выравнивания объектов и редактор свойств.

Существует два способа создания формы и элементов управления, а также задания или изменения их свойств:

– использование команды операционной среды программирования Microsoft Visual Studio;

– использование средств панели инструментов и панели элементов – совокупности средств для быстрого создания необходимых элементов

управления, кнопок, анимационных ссылок на объекты (гиперссылки), а также необходимого образа программы.

Обобщая вышесказанное, можно сформировать следующий алгоритм создания интерфейса:

1. Произвести запуск программы Microsoft Visual Studio. Создать проект, предварительно выбрав язык программирования, название и расположение проекта. Предпочтительно к данному АРМ выберем язык программирования Visual Basic. Далее получим форму для интерфейса и файл программного редактирования проекта, как указано на рис. 1. Кнопка 1 предназначена для создания нового приложения Windows Forms, в окне 2 задается имя приложения, а кнопка 3 позволяет выбрать расположение созданного приложения.

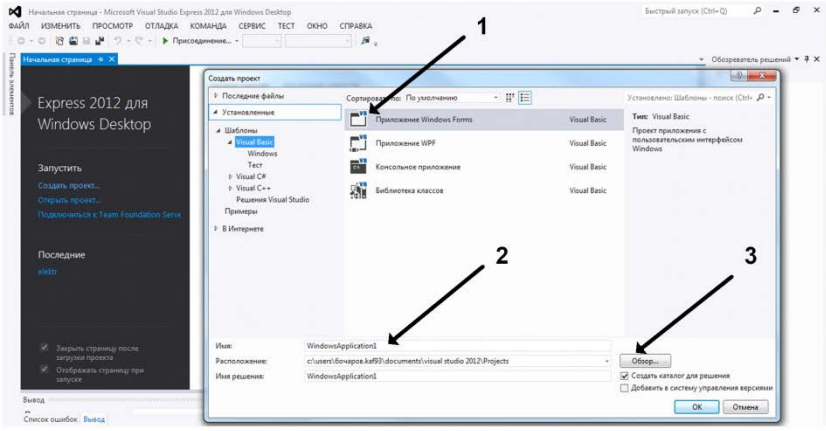


Рис. 1. Создание проекта в Microsoft Visual Studio с необходимым языком программирования

2. В появившемся окне графического редактирования произвести необходимую настройку формы интерфейса, с использованием стандартных элементов управления в режиме конструирования. Используя вкладку «Панель элементов» и «Свойства элемента», добавить кнопки и надписи в виде макетов, после выполнить редактирование интерфейса Form1.vb, присвоив ему необходимое название, размер окна, фоновое изображение и другие свойства, по усмотрению разработчика АРМ, как показано на рис. 2. При нажатии на окно 1 происходит открытие интерфейса АРМ в режиме конструктор, окно 2 представляет внешний вид интерфейса, в строке 3 задается название окна интерфейса АРМ.

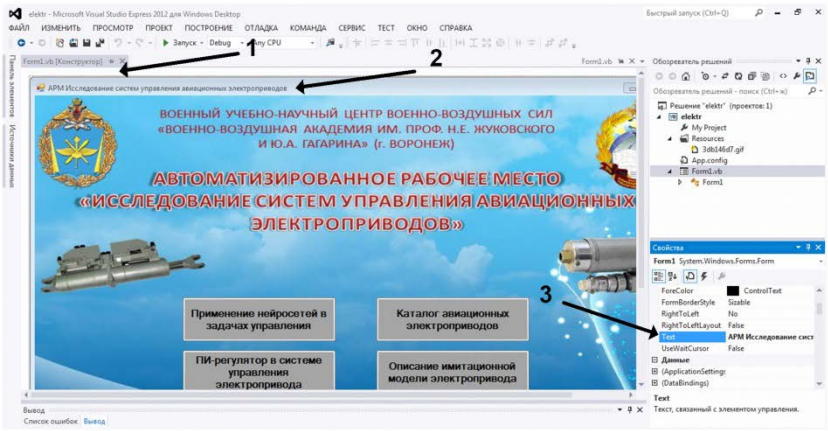


Рис. 2. Редактирование макета интерфейса АРМ

3. Проводим настройку элементов управления и программируем их на выполнение необходимых задач. В АРМ основным элементом управления является кнопка «Button», при нажатии на которую будет происходить запуск необходимых файлов. Для этого двойным нажатием на кнопку, вызываем панель программирования и задаём ей необходимую команду, например: System.Diagnostics.Process.Start («Портфолио АРМ.pdf»), где в скобках указывается название файла (в кавычках с расширением файла), необходимого для запуска при нажатии на кнопку. Данные файлы помещаются в папку Projects\ Windows Application1 \ Windows Application1 \ bin \ Debug, как показано на рис. 3.

4. Аналогично выполняем настройку всех элементов управления графического интерфейса, по усмотрению разработчика АРМ.

5. По завершении редактирования выполняем отладку, запуск программы и при удовлетворении результата, сохраняем её. Готовый результат программирования будет находиться в папке Projects, а в папке Debug – файл запуска графического интерфейса АРМ с расширением «WindowsApplication1.exe».

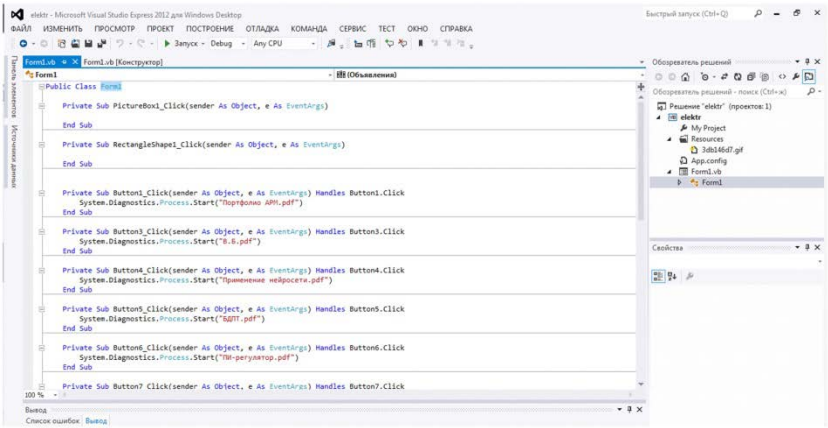


Рис. 3. Настройка кнопок для интерфейса АРМ

Используя возможности графического интерфейса пользователя, созданного в программе Microsoft Visual Studio, и подготовленные в программе Simulink модели исследования электроприводов, разработано АРМ по исследованию АЭП, структура которого изображена на рис. 4.



Рис. 4. Графический интерфейс АРМ по исследованию авиационных электроприводов

На интерактивной заставке размещается восемь активных кнопок:

1. «Применение нейросетей в задачах управления» – общие сведения о нейросетях и их применении в исследовании систем управления электро-механическими системами.

2. «ПИ-регулятор в системе управления электропривода» – в данном документе представлено описание работы с имитационной моделью АЭП с ПИ-регулятором в системе управления [5].

3. «Нейрорегулятор в системе управления электропривода» – в данном документе представлено описание работы с имитационной моделью АЭП с нейрорегулятором в системе управления.

4. «Каталог авиационных электроприводов» – в данном документе представлены схемы и технические характеристики современных АЭП ВС.

5. «Описание имитационной модели электропривода» – в данном документе описывается примерная методика исследования АЭП с различными регуляторами.

6. «Моделирование электропривода в Simulink» – приводится учебное пособие по моделированию различных типов АЭП с описанием их исследований.

7. «Simulink-модель» – интерактивная кнопка для запуска программной среды исследований АЭП с различными регуляторами в системе управления.

8. «О программе» – в данном документе общие сведения о программе, ее предназначение и основные технические требования.

Рабочее место представляет собой персональный компьютер с имеющимся программным обеспечением – системой Matlab, программами Microsoft Word 2010, Microsoft Visual Studio 2010, AdobeAcrobat 8.0 и с установленными файлами – лабораторными работами на основе имитационных моделей для исследования АЭП, учебной документацией.

Для запуска программы необходимо в папке Release (путь: elektr=> =>bin=> Debug) запустить файл «elektr.exe». В открывшемся окне выбрать интересующую справочную информацию, либо запустить Simulink-модель АЭП.

При наведении курсора на соответствующие активные кнопки и нажатии на левую кнопку мыши активируется та программа или тот объект, который связан с ней.

Нажатие кнопок вызова моделей АЭП различных типов, запускает соответствующие модели, структура которых позволяет проводить всесторонние исследования АЭП и изменять их параметры.

Заключение

Таким образом, описанная в работе структура АРМ по исследованию АЭП, позволит создать базу лабораторных исследований по дисциплине «Электрифицированное оборудование воздушных судов» и проводить весь спектр необходимых исследований различных типов АЭП, ограничиваясь только числом ПЭВМ, на которых будет установлена данная программа.

Список литературы

1. Электрооборудование летательных аппаратов. Учебник для вузов. В 2 томах / под ред. С.А. Грузкова. Том 2. Элементы и системы электрооборудования – приемники электрической энергии. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 552 с.

2. Электромеханические системы: учебн. пособие для вузов / Б.Р. Липай, А.Н. Соломин, П.А. Тыричев; под редакцией С.И. Маслова. 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 351 с.

3. Самоучитель Microsoft Visual Studio 2010. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 464 с.

4. Герман-Галкин, С.Г. MATLAB&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

5. Бочаров А.С., Горлов А.Э., Пищулин И.В. Анализ возможностей применения искусственных нейронных систем в задачах управления авиационным электроприводом / Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки: сб. тезисов докл. VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», Воронеж, 14-15 февраля 2019 г. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 10 – 13.

Методические аспекты моделирования влияния электрического поля Земли на атмосферные процессы

Д. В. Булгин, e-mail: d.bulgin77@yandex.ru
Е. А. Шмырев
С. Ю. Суворов

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)»

Аннотация. *В работе предлагается модель оценки влияния электрического состояния атмосферы на развитие мезомасштабных атмосферных процессов, в частности на интенсивность осадков и видимость в них.*

Ключевые слова: *напряженность электрического поля Земли, интенсивность осадков, видимость в дожде.*

Введение

К метеорологическим явлениям, связанным с атмосферным электричеством, особый интерес возник еще в XVIII веке. Факт существования электрических токов, биотоков в биосфере, токов проводимости в атмосфере и земных токов в геосфере является свидетельством исключительно важной роли электрических сил в развитии процессов органического и неорганического мира нашей планеты.

Целью работы является исследование влияния электрического состояния атмосферы на развитие мезомасштабных атмосферных процессов для повышения эффективности метеорологического обеспечения ВС РФ.

Разработка модели

Известно, что электрические характеристики атмосферы Земли (напряженность электрического поля, электропроводность и т.д.) в сильной степени зависят от концентрации свободных носителей заряда – ионов и их подвижности. А количество последних и скорость их перемещения в атмосфере связаны с метеорологическими параметрами.

Для установления связи между метеорологическими параметрами и напряженностью электрического поля Земли были проанализированы

© Булгин Д. В., Шмырев Е. А., Суворов С. Ю., 2022

данных архивных наблюдений, проводимых на геофизической станции Борок Ярославской области.

Предварительный анализ архивной выборки показал, что напряженность электрического поля обнаруживает правильные суточные колебания, представленные на рис. 1 и имеет характер двойной волны с двумя максимумами и двумя минимумами.

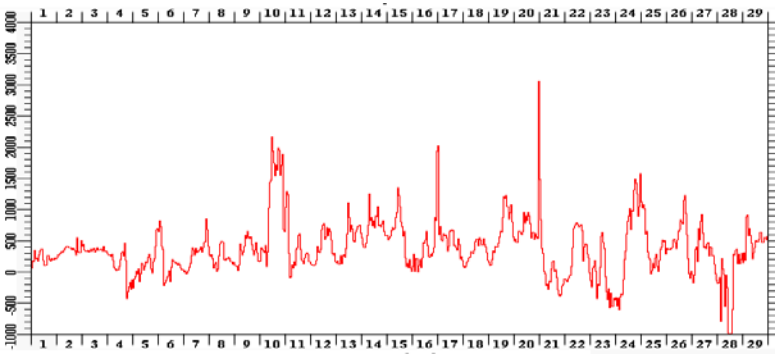


Рис. 1. Суточные колебания напряженности электрического поля Земли

В связи с этим, был проведен анализ изменчивости напряженности электрического поля в зависимости от влажности воздуха, скорости ветра и температуры. Результаты показаны в таблице ниже.

Таблица

Изменчивость напряженности электрического поля в зависимости от влажности воздуха, скорости ветра и температуры

Скорость ветра *V*, м/с	Среднее значение *E*, В/м	Градации влажности, %	Среднее значение *E*, В/м	Градации температуры	Среднее значение *E*, В/м
0-1	220	60,6-64,9	206	-25,34-22,21	260
2-3	368	64,9-69,2	426	-22,21-19,08	274
4-5	396	69,2-73,5	347	-19,08-15,95	360
6-7	449	73,5-77,8	498	-15,95-12,82	378
7-8	493	77,8 – 82,1	454	-12,82-9,69	440
8-9	532	82,1 – 86,4	560	-9,69-6,56	484
9-10	578	86,4 – 90,7	636	-6,56-3,43	440

Анализ показывает, что с увеличением влажности воздуха, скорости ветра и температуры возрастает и напряжённость. Таким образом, прослеживается устойчивая связь между напряженностью электрического поля и основными метеорологическими параметрами.

Рассмотрим математическую модель движения сферической аэрозольной частицы, учитывая следующие параметры (r – радиус частицы, m – масса частицы, q – заряд аэрозольной частицы). Предположим, что заряд и масса частицы за время наблюдения остаются неизменными. На частицу, находящуюся в воздухе действуют следующие силы:

– сила тяжести, направленная вниз:

$$F_0 = mg\,, \tag{2}$$

– сила аэродинамического сопротивления, направленная вверх:

$$F_s = 6\pi r\eta(V - V_k)\,, \tag{3}$$

η – динамический коэффициент вязкости воздуха; V – скорость воздуха; V_k – скорость частицы.

Если частица находится в электрическом поле, то на нее так же действуют:

– электрическая сила, которая направлена вниз и обусловленная наличием заряда q:

$$F_E = qE\,, \tag{4}$$

– поляризационная сила, обусловленная наличием градиента E, которая втягивает частицу в область максимального градиента электрического поля:

$$F_{\nabla E} = \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{4\pi} E \cdot gradE\,, \tag{5}$$

Под действием этих сил, согласно второму закону Ньютона, частица с массой:

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_k\,, \tag{6}$$

движется с ускорением:

$$a = \frac{dV_k}{dt}\,, \tag{7}$$

Формула движения частицы в полном виде выглядит следующим образом:

$$m\frac{dV}{dt} = 6\pi k\eta r(U - V) + \mathrm{mg} + qE + \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{4\pi} E \cdot gradE\,, \tag{8}$$

– ε – диэлектрическая проницаемость жидкого аэрозоля;

– ε_0 – диэлектрическая проницаемость воздуха.

Решение этого дифференциального уравнения для установившегося движения имеет вид:

$$V = \frac{1}{6\pi r k \mu}\left(\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_T g + qE + \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{4\pi} E \cdot gradE\right), \qquad (9)$$

Теперь рассчитаем скорость капли в осадках разной интенсивности (слабые осадки r=150 мкм, средние осадки r=700 мкм, сильные осадки r=2 мм) с учетом электрического поля и без него, сравним их и выясним, как градиент напряжённости влияет на изменение скорости. Результаты показаны на рис. 2.

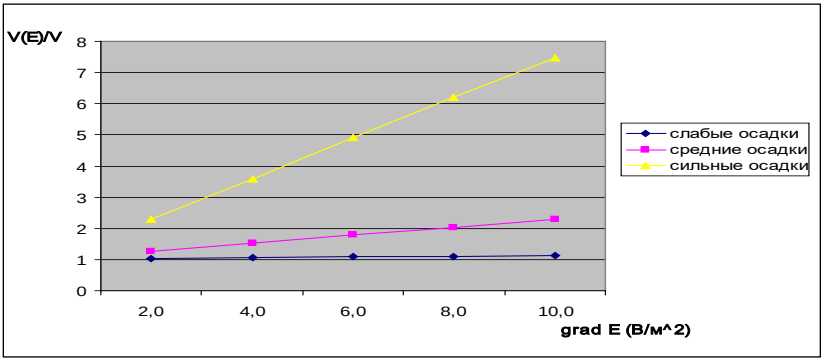


Рис. 2. Влияние градиента напряжённости на изменение скорости

Как видим, при наличии градиента напряженности скорость частиц значительно увеличивается.

Зная, скорость падения капель можно, определить интенсивность осадков по формуле:

$$I = \frac{4}{3}\pi \rho N_0 \int_{r_{min}}^{r_{max}} r^3 V(r) dr, \qquad (10)$$

И рассчитать зависимость интенсивности от напряженности электрического поля. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

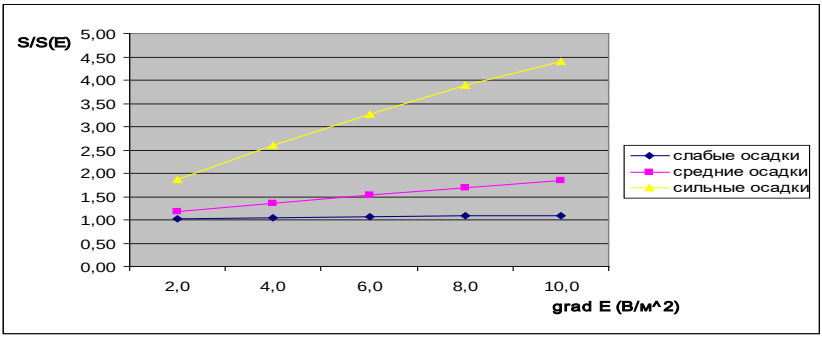


Рис. 3. Зависимость интенсивности осадков от напряженности электрического поля

Как видим, при наличии градиента напряженности интенсивность осадков значительно увеличивается.

Через интенсивность осадков можно определить видимость в них по формуле:

$$S = 14I^{-0.74}, \qquad (11)$$

После чего найти зависимость видимости от напряжённости электрического поля, представленную на рис. 4.

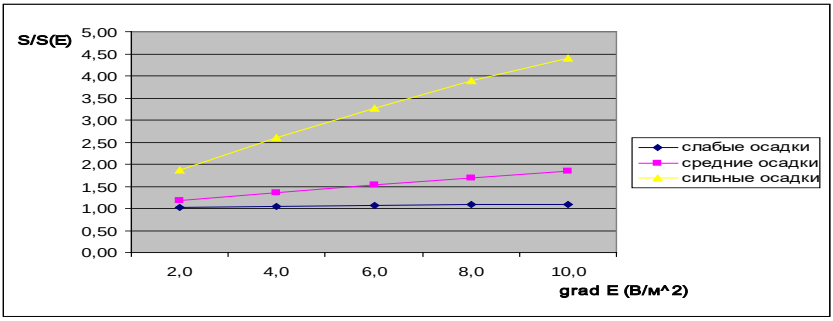


Рис. 4. Зависимость видимости в осадках от напряжённости электрического поля

Из рисунка видно, что видимость в осадках в присутствии электрического поля при намного меньше и при увеличении градиента напряжённости уменьшается в несколько раз

Заключение

Таким образом, в ходе проделанной работы были получены следующие результаты:

1. Выявлено, что в атмосфере существует электрическое поле, которое оказывает влияние на метеопроцессы.

2. Показано, что электрическое поле атмосферы формируется различными источниками как космического, так и земного происхождения. Его изменчивость связана с метеорологическими процессами, протекающими в атмосфере Земли.

3. Представлена характеристика электрического поля Земли. Анализ архивных материалов показал, что напряженность электрического поля обнаруживает правильные суточные колебания.

4. Установлена связь между напряженностью электрического поля Земли и метеорологическими параметрами.

При оценке полученных результатов можно сделать вывод о том, что термодинамическое равновесие атмосферы находится в сильной зависимости от ее электрического состояния, а именно от скорости поступления в нее ионов, т. е. от величины атмосферного тока проводимости.

Список литературы

2. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. М.: Сов. Радио, 1960. с. 27.

3. Билетов М.В., Кузнецов И.Е., Климчук С.В. Модель радиолокационной оценки электрической активности метеорологических объектов в атмосфере. / Сб. науч. ст. по материалам Международной НТК «Проблемы техносферной безопасности». Воронеж, ВГТУ, 2015. С. 115-116.

4. Билетов М.В., Кузнецов И.Е., Климчук С.В., Гедзенко Д.В. Радиолокационная модель электрических характеристик метеорологических объектов в атмосфере. / Сб. науч. ст. по материалам Всероссийской НТК «Академические Жуковские Чтения». Воронеж, 2015. С. 56-62.

Особенности итерационных методов построения фракталов

А. Г. Буховец, email: abuhovets@mail.ru [1]
А. К. Горностаев, email: agornostaevv@gmail.com.[2]

[1] Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра 1
[2] Московский технологический университет (МИРЭА)

Аннотация. *В работе рассматриваются итеративные способы построения фракталов. Показывается, что при всех различиях рассмотренных методов они обладают общими характеристиками, которые формируют существенно схожие свойства результативных множеств, такие как самоподобие и нульмерность.*

Ключевые слова: *Фрактальные множества, рандомизированные системы итерированных функций, аттрактор, треугольник Серпинского.*

Введение

Начнём с построения хорошо известного, можно сказать классического фрактала, – треугольника Серпинского (по другим, переводным источникам, – салфетка Серпинского). Процесс построения является итеративным и может быть неограниченно продолжен. Начинается процесс с выбрасывания центральной четверти треугольника и с последующим применением этого правила к трем вновь образовавшимся треугольникам [1]. Этот итерационный процесс достаточно хорошо представлен в литературе [2, 3] и, на наш взгляд, понятен из рис. 1.

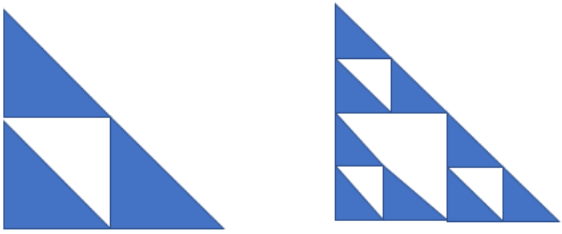


Рис. 1. Первые два шага построения треугольника Серпинского

© Буховец А. Г., Горностаев А. К., 2022

1. Итерационный метод построения фрактального множества

Наряду с этим построением рассмотрим процесс выполнения рандомизированной системы итерированных функций (РСИФ) [2,4]

$$x_{n+1} = \xi x_n + (1-\xi) z_j^{(n)} \qquad (2)$$

с параметром $\xi = 1/2$ и протофракталом $Z = \{A(0,0), B(0,1), C(1,0)\}$ с равновероятным выбором вершин треугольника ΔABC. Результат построения будет практически таким же, в чём можно убедиться, посмотрев на рис. 2.

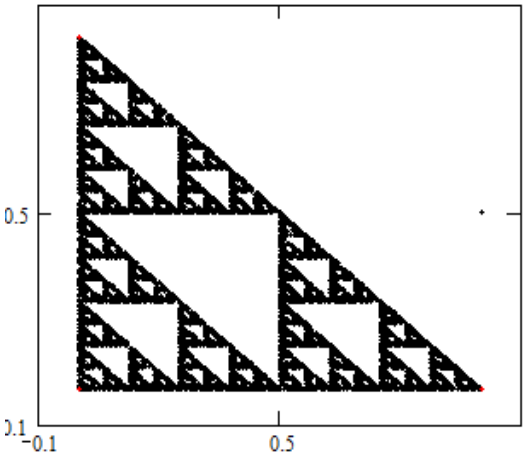


Рис. 2. Результат выполнения процедуры РСИФ

Возникает вопрос: почему перечисление точек РСИФ процедурой (1) приводит к тому же результату, что и итеративный способ построения треугольника Серпинского? Возможность совпадения результатов не является очевидной, хотя геометрические представления довольно близки с учётом стохастического характера выполнения процедуры РСИФ.

2. Геометрический метод построения фрактального множества

Наряду с этим рассмотрим следующую задачу. Стержень единичной длины – отрезок [0; 1], случайным образом ломают на три части. Какова вероятность, что из полученных частей можно будет составить треугольник?

Для геометрического решения этой простой задачи введём три неотрицательных величины $x, y, z = 1 - x - y$ представляющие длины

получившихся отрезков. Для того, чтобы из этих отрезков можно было составить треугольник, необходимо и достаточно выполнение следующих условий

$$\begin{cases} x+y<z, \\ x+z<y, \\ y+z<x. \end{cases} \text{ что равносильно } \begin{cases} x<1/2, \\ y<1/2, \\ x+y>1/2. \end{cases} \qquad (3)$$

с учётом равенства $x+y+z=1$. Графическое решение этой системы представлено на рис. 3.

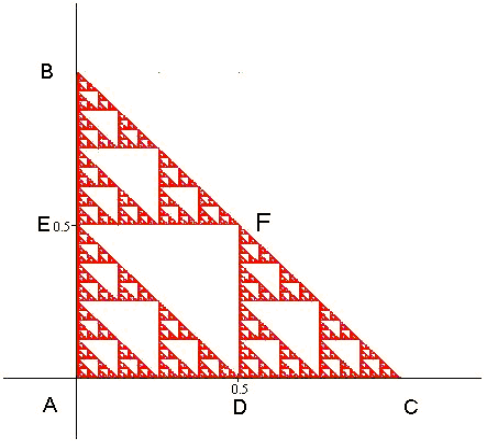


Рис. 3. Графическое решение системы (3) ΔDFE

Таким образом, в точках ΔDFE выполняются требования условий (2). В то время как в $\Delta DCE, \Delta EFB, \Delta ADE$ условия (2) нарушены, т.е. выполняется хотя бы одно из неравенств (3):

$$z>x+y, \quad y>x+z, \quad x>y+z \qquad (4)$$

Причём неравенство $z>x+y$ выполняется в ΔADE, $y>x+z$ в ΔEFB, $x>y+z$ в ΔDCE. Эти неравенства выполняются почти для всех точек указанных треугольников, а случаи равенства, относящиеся к граничным точкам, не будем принимать во внимание.

Фактически это означает, что в каждом из вновь полученных треугольников $\Delta DCE, \Delta EFB, \Delta ADE$ имеется в наличии доминирующая величина среди переменных x, y и z, т.е. величина, превышающая

сумму двух других. В дальнейшем процесс выделения сторон треугольников можно продолжить, что и представлено на рис. 3.

3. Анализ итерационного метода построения фрактала

Теперь вернёмся к уравнению (1) и перепишем его после итерационных преобразований в виде

$$x_{n+1} = \xi(\ldots\xi(\xi(\xi\lambda_0 + \lambda_1) + \lambda_2) + \ldots + \lambda_n) \tag{5}$$

или, после раскрытия скобок и приведения подобных,

$$x_{n+1} = \lambda_0\xi^n + \lambda_1\xi^{n-1} + \ldots + \lambda_n\xi, \tag{6}$$

где $0 < \xi < 1$, $\lambda_i = (1-\xi)\xi^{-1}z_j^{(i)}$. Из соотношения (5) непосредственно следует, что процедура РСИФ не будет зацикливаться, а аттрактор будет представлен в виде объединения одноточечных множеств. Выражение (5) можно представить в виде

$$x_{n+1} = \sum_{i=1}^{n+1} \xi^i z_j^{(i)} \tag{7}$$

Перегруппировав слагаемые абсолютно сходящегося ряда, получим

$$x_{n+1} = \sum_{j=1}^{K} a_j z_j^{(i)} \tag{8}$$

где $a_j = \sum_s \xi^s$, $s-$ номера обобранных элементов ряда при z_j в формуле (7). При этом выполняются следующие соотношения: $a_j \geq 0, \sum_j a_j = 1.$

Заметим, что в данном случае фактически для вычисления коэффициентов a_j используется урновая схема [5]. В дальнейшем из этих коэффициентов формируются векторы $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{iK})$, которые образуют матрицу размером $N \times K$ [4]. С помощью этой матрицы можно построить тот же треугольник Серпинского: $X = AZ$ (см. рис. 2).

Покажем, что среди элементов векторов $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{iK})$ существует доминирующий элемент, т.е. такой, величина которого превосходит сумму всех остальных: $\hat{a}_{i\,m} \equiv a_{im} > \sum_{j \neq m} a_{i\,j}$

$$\hat{a}_{i\,m} \equiv a_{im} > \sum_{j \neq m} a_{i\,j} \tag{9}$$

Теорема. Для того, чтобы набор $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{iK})$ был набором, генерированным процедурой РСИФ (1) необходимо и достаточно, чтобы

для его элементов выполнялось условие (8), т.е. среди его элементов существовал доминирующий элемент.

Необходимость. Пусть $0 < \xi < 1$, тогда $\sum_{i=1}^{\infty} \xi^i = \frac{\xi}{1-\xi} \equiv \mu^{-1}$. Величину $\mu = \frac{1-\xi}{\xi}$ можно рассматривать как нормировочную константу в выражении

$$\mu \sum_{i=1}^{\infty} \xi^i = 1 \tag{10}$$

В этом случае первый член ряда (9) будет равняться

$$\mu\xi = \frac{\mu}{1+\mu}, \tag{11}$$

а сумма оставшихся членов ряда

$$1 - \frac{\mu}{1+\mu} = \frac{1}{1+\mu}, \tag{12}$$

Очевидно, что неравенство (8) будет выполнено при $\mu > 1$.

Достаточность. Пусть среди элементов вектора $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{iK})$ имеется доминирующий, т.е. выполнено условие (8). Покажем, что значение параметра ξ можно определить так, что процедура РСИФ будет приводить к сходящемуся ряду (9). Пусть $\hat{a}_{im} \equiv a_{im}$ доминирующий элемент, т.е. имеет место (8). Рассмотрим равенство $a_{im} + \sum_{j \neq m} a_{ij} = 1$, из которого и (8) будет следовать, что $a_{im} > \frac{1}{2}$, а соответственно $\sum_{j \neq m} a_{ij} < \frac{1}{2}$. Полученные соотношения означают, что первый член ряда (9) должен входить в a_{im}. Рассмотрим соотношение (10) как функцию параметра μ

$$f(\mu) = \frac{\mu}{1+\mu}, \tag{13}$$

Учитывая, что $f(1) = 1/2$, $f'(\mu) > 0$, значения выражения (12) при $\mu \geq 1$ будет не меньше $1/2$, и, следовательно, неравенство (8) будет выполнено.

Заключение

Установленные факты наличия доминирующего элемента в построении фракталов итеративными методами позволяют, во-первых, перейти от геометрических методов к цифровым [2, 7]. Во-вторых, позволяют объяснить почему закон больших чисел и основанное на нём нормальное распределение [8] приводят к неадекватным результатам в исследовании многих экономических процессов, имеющих фрактальную природу [9]. Ведь как известно, условия центральной предельной теоремы [7] «по существу сводятся к требованию, чтобы влияние на сумму отдельных слагаемых было равномерно малым, т.е. чтобы в состав суммы не входили члены, явно преобладающие над совокупностью остальных по своему влиянию на рассеивание суммы». Вместе с тем выявленные взаимосвязи являются основой доказательства самоподобия фрактальных множеств и гомеоморфности фрактальных преобразований [9]. Эти свойства в свою очередь дают возможность использовать фрактальную теорию в задачах сжатия информации [11], моделировании перколяционных процессов [10], прогнозировании временных рядов экономических показателей [12].

Список литературы

2. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. / Р.М. Кроновер. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2006. – 488 с.
3. Barnsley, M.F. Fractals Everywhere/ M.F. Barnsley – NewYork: Academic, 1988.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы/ Б. Мандельброт. – М:, 2002, 656 стр.
5. Bukhovets, A. G. Modeling of fractal data structures / A. G. Bukhovets, E. A. Bukhovets // Automation and Remote Control. – 2012. – Vol. 73. – No 2. – P. 381-385. – DOI 10.1134/S0005117912020154
6. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения, т.1/В. Феллер – М.: Мир, 1967. – 498 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель – М.: Наука, 1964. – 576 с.
8. Буховец, А. Г. Структура аттрактора рандомизированных систем итерированных линейных функций / А. Г. Буховец, Т. Я. Бирючинская. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 5-10
9. Bukhovets, A. G. Conditions for homeomorphism of sets modeled by randomized iterated function systems / A. G. Bukhovets, P. V. Moskalev, E. A. Semin // Journal of Physics: Conference Series, Voronezh, 11–13 ноября

2019 года. – Voronezh: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012025. – DOI 10.1088/1742-6596/1479/1/012025.

10. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитал /Э. Петерс, пер. с англ. – М.: Мир. 2000 – 333 с.

11. Москалев, П. В. Перколяционное моделирование пористых структур / П. В. Москалев. – Москва : URSS, 2018. – 240 с. – ISBN 978-5-9710-4963-0.

12. Уэлстид, С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений вдействии /С. Уэлстид. – М.: Изд-во Триумф, 2003 – 320 с.

13. Мандельброт, Б. Фракталы, случай и финансы// Б. Мандельброт. – М.-Ижевск, 2004, 256 с.

Применение алгоритма MSI для распознавания когнитивного вызванного потенциала P300

А. А. Вахтин[1], email: alvahtin@gmail.com
Я. А. Туровский[1, 2], email: yaroslav_turovsk@mail.ru

[1]Воронежский государственный университет,
факультет компьютерных наук
[2]Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение алгоритма Multivariate Synchronization Index (MSI) для распознавания вызванного потенциала P300 в задачах нейрокомпьютерного интерфейса.*

Ключевые слова: *анализ MSI, вызванный потенциал P300, нейрокомпьютерный интерфейс.*

Введение

В некоторых системах нейрокомпьютерных интерфейсов управление осуществляется с помощью когнитивного вызванного потенциала P300. Это электрофизиологический сигнал, возникающий в коре головного мозга как ответ на неожиданные или когнитивные значимые стимулы [1, 2]. Из рис. 1 видно, что P300 выделяется в диапазоне 250-500 мс с момента стимуляции.

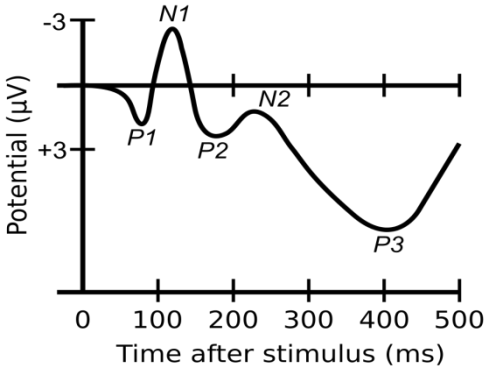


Рис. 1. Форма сигнала, с компонентами потенциалов, связанных с событиями, P300 помечен как P3

© Вахтин А. А., Туровский Я. А., 2022

Принцип реализации нейрокомпьютерного интерфейса на основе потенциала P300 заключается в следующем: организуется сетка попеременно активирующихся стимулов, испытуемый должен считать, когда срабатывает актуальный для негосимвол. Таким образом, после срабатывания стимула, фиксируется сигнал ЭЭГ, а затем нужно распознать, где именно проявляется потенциал P300, что будет соответствовать выбранному символу, за которым может быть команда, или набор текста.

Сложность реализации данного подхода связана с тем, что снимаемый сигнал ЭЭГ зачастую зашумлён, и потенциалы P300 не всегда совпадают по форме и времени для разных пользователей, разных каналов, и даже разных состояний оператора. Поэтому существующие реализации нейрокомпьютерных интерфейсов на основе потенциала P300 имеют погрешности в работе, которые компенсируются, например, дублированием команды, что, соответственно, увеличивает задержку команды в два раза.

Кроме того, наиболее эффективными себя показали методы распознавания периодических сигналов, основанные на частотном анализе [3, 4], а потенциал P300, как видно из рис. 1, больше похож на функцию Гаусса и методы его анализа связаны с исследованием не частотного, а временного домена.

Авторами был разработан метод перехода от стандартного представления потенциала P300 к периодической форме, что позволило использовать метод частотного анализа, а значит, повысить точность работы нейрокомпьютерного интерфейса.

1. Определение потенциала P300 с помощью алгоритма MSI

Алгоритм Multivariate Synchronization Index (MSI) [4, 5] является, по сути, развитием методов канонического корреляционного анализа. Суть данного алгоритма заключается в сравнении сигнала с эталонными и получение индекса того эталона, к которому ближе всего сигнал.

Для использования алгоритма MSI в нейрокомпьютерном интерфейсе, основанном на когнитивном вызванном потенциале P300, авторами предложено следующее:

1. Перед началом работы с испытуемого снимается когнитивный вызванный потенциал P300, который затем используется для формирования эталонных сигналов.
2. Определяется длина сигналов L, которые будут использоваться в работе алгоритма MSI, в несколько раз больше, чем длина сигнала P300.
3. Для каждого символа в матрице нейрокомпьютерного интерфейса задаётся эталонный сигнал путём сложения полученного в п.

1 сигнала P300 с заданным смещением n_i, где i – индекс символа, и все $n_i > 0$ уникальны, и не должны быть кратными. Таким образом, для получения эталонного сигнала нужно будет провести $\lfloor L / n_i \rfloor$ сложений сигналов P300 со смещением на каждой итерации на n_i. Соответственно, при сложении, предполагается, что вне границ диапазона P300 сигнал нулевой.

4. После того как были накоплены сигналы в процессе моргания символов, для каждого сигнала выполняются такие же, как и в п. 3 сложения с заданным смещением n_i, где i – индекс символа и, соответственно, сигнала.

5. Выполняется сравнение сигналов, полученных в п. 4 с эталонными, полученными в п. 3 по методу, предложенному в [4, 5]. Отличие от алгоритма в [4, 5] является то, что в данной задаче нет необходимости сравнивать сигналы со всеми эталонными, достаточно сравнить сигнал с соответствующим по индексу эталонным.

Как показал опыт, чем длиннее сигналы, применяемые в алгоритме MSI, тем точнее будет результат. Предложенный метод позволяет создавать сигналы любой длины. Чтобы исключить кратность, можно использовать простые числа для смещений. При этом чем больше расстояние между смещением, тем лучше будет работать алгоритм.

2. Программа нейрокомпьютерного интерфейса на основе когнитивного вызванного потенциала P300

На основе предложенного подхода была реализована программа нейрокомпьютерного интерфейса (рис. 2).

Программа получает данные ЭЭГ, обрабатывает и отправляет по сети индекс выбранного пользователем символа. Таким образом, данный интерфейс может использоваться не только для набора текста, но и для других задач, например, управления устройствами, и т.п.

На рис. 2 представлены параметры настройки программы для ЭЭГ с частотой дискретизации 1 КГц. Снимается сигнал длиной 1000 отсчётов (*число отсчётов*), что соответствует 1 секунде, первые 250 (*отступ*) отсекаются, чтобы получить сигнал когнитивного вызванного потенциала P300, для выполнения алгоритма MSI сигналы создаются с длиной отсчёта 10000 (*длина сигнала*), в соответствии п. 3 и 4, по указанному выше алгоритму.

Для улучшения качества сигнала P300 в программе сделана возможность фильтрации принимаемого сигнала с помощью скользящего среднего (*среднее*), и накопление сигнала суммированием (*число слагаемых*): полученные сигналы перед обработкой сначала

накапливаются и суммируются, чтобы подавить шум и усилить основной сигнал (соответственно, это удлиняет время работы программы). Для усиления эффекта вызванного когнитивного потенциала предусмотрена возможность задать неоднократное мигание символа (*число миганий*). И в случае, если нужна необходимость пользователю настроиться на следующий этап, задаётся временная задержка в миллисекундах (*пауза*).

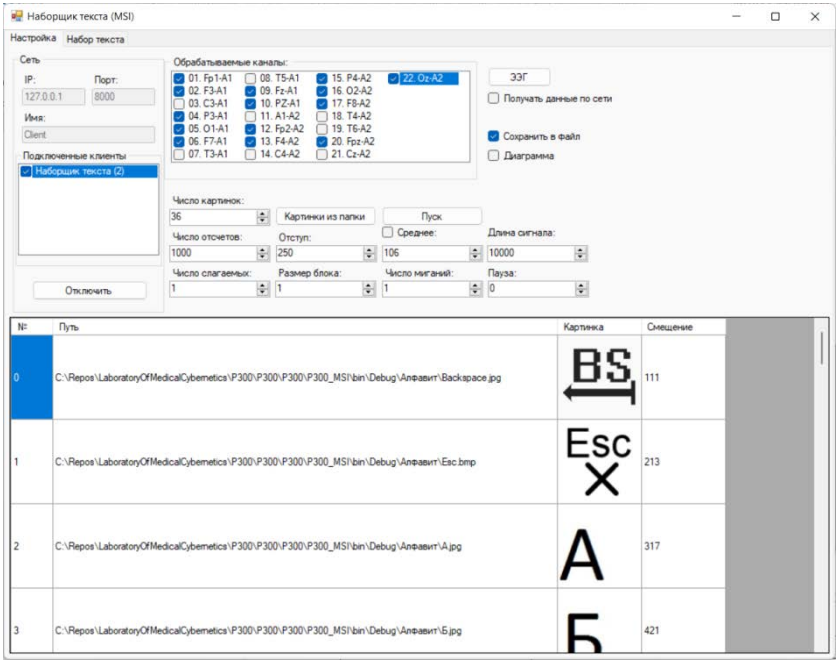


Рис. 2. Настройка программы нейрокомпьютерного интерфейса на основе когнитивного вызванного потенциала P300 с использованием алгоритма MSI

После нажатия на кнопку «Пуск» программа переходит в режим выполнения. Сначала пользователю предлагается посмотреть на выбранный случайным образом символ, чтобы зафиксировать эталон когнитивного вызванного потенциала P300, после чего, если настройка прошла удачно, пользователь может выбрать переход в рабочий режим, или, в противном случае, повторить настройку программы.

Во время работы программы символы, которые представляют собой изображения, поочерёдно мигают. После того, как произойдёт мигание всех символов, полученные данные ЭЭГ обрабатываются и результат

отправляется выбранному сетевому клиенту (рис. 2 – *подключённые клиенты*).

Заключение

В работе представлен подход для реализации нейрокомпьютерного интерфейса основанного на когнитивном вызванном потенциале P300 с использованием методики алгоритма Multivariate Synchronization Index (MSI) [4, 5], что позволило увеличить точность работы нейрокомпьютерного интерфейса. Работа поддержана грантом РФФИ 19-29-01156 мк

Список литературы

1. Гнездицкий, В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / В. В. Гнездицкий – Таганрог : ТРТУ, 1997. – 252 с.

2. Brain-Computer Interface. An Emerging Interaction Technology / Ch. S. Nam, I. Choi, A. Wadeson, M. Wang // Brain-Computer Interfaces Handbook. Technological and Theoretical Advances. – Oxford : CRC Press, 2018. – P. 11-52.

3. Туровский, Я. А. Сравнительные характеристики алгоритмов детекции стабильных зрительных вызванных потенциалов головного мозга на электроэнцефаллограмме / Я.А. Туровский // Цифровая обработка сигналов. – М. : Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, 2018. – № 1 – с. 51-55.

4. Multivariate synchronization index for frequency recognition of SSVEP-based brain-computer interface / Ya. Zhang, P. Xu, K. Cheng, D. Yao // Journal of Neuroscience Methods. – 2014. – № 221. – P. 32– 40.

5. Comparison of the influence of stimuli color on Steady-State Visual Evoked Potentials / R. Tello, S. Müller, A. Ferreira, T. Freire // Bastos Res. Biomed. Eng. – 2015. – V. 31(3). – P. 218-231.

Методические аспекты моделирования степени сложности погоды с учетом инверсионных слоев

Д. В. Гедзенко , e-mail: gdv555900@mail.ru ,
С. А. Никонов

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *Наиболее важными из слагаемых, определяющих степень сложности метеорологических условий для авиации, являются дальность видимости и высота нижней границы облаков. В данной статье приведена методика прогноза метеорологических условий с учетом задерживающих слоев атмосферы.*

Ключевые слова: *Высота нижней границы облаков, дальность видимости, степень сложности метеорологических условий*

Введение

Инверсия температуры оказывает непосредственное влияние на формирование и эволюцию низкой слоистообразной области, образования густой дымки, тумана различных видов и других метеорологических явлений [1, 2]. Несомненно, данные погодные условия могут создавать проблемы как пилотируемой, так и беспилотной авиации при решении различных задач. Исследование устойчивости.

Модель прогноза степени сложности погоды на базе регрессионного анализа

При проведении данного исследования был использован материал АМСГ аэропорта Воронеж выборочно за 2010-2015 года. На основании физических представлений о природе механизмов изменение дальности видимости и высоты нижней границы облаков в сочетании с параметрами задерживающих слоёв был образован предварительный набор предикторов, охватывающий весь спектр влияющих факторов.

Наземные метеорологические наблюдения включают величины: количество N и высота H облачности, дальность видимости S, скорость F и направление D ветра, температура воздуха T, относительная влажность R, атмосферное давление, приведенное к уровню моря P и его трехчасовая тенденция.

Из характеристик пограничного слоя, влияющих на ход дальности видимости и высоты нижней границы облаков, в список были включены

© Гедзенко Д. В., Никонов С. А., 2022

параметры задержавших слоёв: высота нижней границы инверсии $H_{ин}$, её мощность и интенсивность $\Delta H_{ин}, \Delta T_{ин}$, вертикальный температурный градиент γ, а также коэффициент эффективности задерживающего своя $Э_{ин}$.

В качестве придиктантов использовались значение дальности видимости и высоты нижней границы облаков за 7, 13 и 19 часов.

Так как повторяемость появления задерживающий слоёв в своём большинстве приходится на зимние месяцы, поэтому весь исходный материал архивной выборки включает в себя данные только за холодный период года.

Анализ корреляционных связей некоторых параметров метеорологических условий с метеорологическими величинами показал следующие результаты. Для всех рассматриваемых сроков наиболее тесная связь высоты нижней границы облаков отмечена с температурой воздуха у земли. С направлением ветра относительно высокий коэффициент корреляции с высотой нижней границы облаков имеется только за 13 часов.

Наиболее тесная связь с параметрами задерживающих слоёв наблюдается у высоты нижней границы облаков за все рассматриваемые сроки, кроме вечернего, причём это связь обратная, то есть чем меньше высота нижней границы облаков, тем большее значение имеют параметры инверсии.

Подводя итог изложенному можно сделать следующий вывод. Поскольку уточнения прогнозов погоды и доклады для принятия решения командиром осуществляется как правило в утренние часы, немаловажно то, что значение комплекса сложности летно-метеорологических условий в фиксированные сроки тесно коррелирует с начальными значениями этих величин. Благодаря этому мы можем смело использовать эти предикторы при составлении прогностических уравнений, а также для уточнения прогноза.

С учетом выявленных связей и механизмов изменения дальности видимости и высоты нижней границы облаков, исходя из практических потребностей и возможных уровней ограничения исходной информации, методом пошаговой линейной регрессии были разработаны пакеты прогностических уравнений. Рассмотрим уравнения, полученные для прогноза дальности видимости.

$$S_7^{'} = 7939 + 0,593S_3 - 71,93R_3 + 193,52\Delta P_3 - 33,1T_3 - 1,258\Delta dd \quad (1)$$

где $F = 82,1$; P <0,0000; $R^2 = 0,69$; Δ=1675 м.

$$S_7'' = 8223 - 0,591S_3 - 81,58R_3 + 2,89\Delta dd + 48,73N + 0,25H_{ин} \quad (2)$$

где $F = 19,27$; P <0,0000; $R^2 = 0,47$; Δ=1400 м.

$$S_7''' = 1589,8 + 0,211S_3 - 41,8T_3 + 1,4H_3 - 1,3\Delta dd + 90,1\Delta P_3 \quad (3)$$

где $F = 12,6$; P <0,0000; $R^2 = 0,35$; Δ=1140 м.

$$S_7^* = 4993 + 0,25S_3 - 39,26R_3 - 45,6T_3 + 1,1H_3 + 0,412H_{ин} \quad (4)$$

где $F = 17,0$; P <0,0000; $R^2 = 0,41$; Δ=1070 м.

$$S_{13}^* = -37042 + 52,2\,P_3 + 0,1S_3 + 88,9H_3 + 0,8\Delta H_{ин} + 224,0\Delta P_3 \quad (5)$$

где $F = 5,9$; P <0,00004; $R^2 = 0,21$; Δ=1335 м. (6)

$$S_{19}^* = 2355 - 1,85\Delta dd + 79,5\Delta T_{ин} + 1,03H_{ин} - 40,7T_3 \quad (7)$$

где $F = 3,3$; P <0,01338; $R^2 = 0,12$; Δ=1325 м. (8)

$$S_{13}^{**} = -34223 + 0,2S_3 + 48,2P_3 + 80,9H_3 + 241,4\Delta P_3 + 0,7\Delta H_{ин} \quad (9)$$

где $F = 7,4$; P <0,0000; $R^2 = 0,34$; Δ=1286 м.

Во всех уравнениях в качестве одного из предиктора выступает начальное значение прогнозируемой величины, но не во всех уравнения вклад его в искомое значение дальности видимости одинаков. В большинстве уравнений это значение играет достаточно важную роль в прогнозировании. Почти во всех уравнениях присутствуют такие предикторы как температура и относительная влажность воздуха, которые оказывают большое влияние на значение дальности видимости. В некоторые уравнения вошли значение атмосферного давления и его тенденция, что дает возможность учитывать синоптическую обстановку, параметр характеризующий отклонения ветра от южного, который показывает преимущество зонального направления ветра над меридиональном и наоборот, а так же количество и высота нижней границы облаков. Параметры задерживающих слоёв в уравнениях регрессии, по результатам расчётов, также оказывают большое влияние на значение дальности видимости. В прогностических зависимостях были использованы основные характеристики инверсий: мощность ($\Delta H_{ин}$), интенсивность ($\Delta T_{ин}$), высота нижней границы инверсии ($H_{ин}$), и коэффициент эффективности (E). Как видно из уравнений, преувеличение значение дальности видимости улучшается, а при увеличении видимость ухудшается.

Улучшение качества прогнозирования, в процессе составления уравнения регрессии, были рассмотрены различные условия. На первом этапе никаких ограничений использовано не было, и не учитывались параметры инверсии. Как видно из критериев оценки этого уравнения, средняя абсолютная ошибка составляет 1675 м, хотя коэффициент детерминации достаточно высок. В процессе реализации модели пошаговой линейной регрессии наблюдается тенденция улучшения качества уравнений. На последнем этапе средняя абсолютная ошибка равна 1070 м, что в диапазоне от 1 до 4 км составляет примерно 350 м и коэффициент детерминации равен 0,41.

Это говорит о том, что уравнение вполне пригодно для его использования в прогнозе дальности видимости на 7:00 по данным утренних наблюдений.

При составлении уравнений на более поздние сроки (на 13 и 19 часов) качество прогнозирования несколько ухудшается. Но при использовании адаптивных моделей прогнозирования, то есть учитывая значение дальности видимости за предшествующие сроки, мы видим что происходит улучшение критериев оценки этих уравнений (увеличивается коэффициент детерминации, а средняя абсолютная ошибка уменьшается). Эти модели широко внедряются в метеообеспечения с целью улучшения качества прогнозов.

Далее рассмотрим уравнение построенные для прогноза высоты нижней границы облачности:

$$H_7^{'} = 190,8 + 0,526H_3 - 0,133\Delta H_{ин}, \qquad (10)$$

где $F = 26,8$; P <0,0000; $R^2 = 0,22$; Δ=142 м.

$$H_7^{''} = 27,4 + 0,423H_3 + 10,8N - 0,054\Delta H_{ин} + 0,23H_{ин}, \qquad (11)$$

где $F = 9,1$; P <0,0000; $R^2 = 0,41$; Δ=82 м.

$$H_{13} = 751,8 - 15,8N_3 + 33,3_{\Delta}T_{ин} - 4,16R_3 - 3,1E, \qquad (12)$$

где $F = 6,2$; P <0,0017; $R^2 = 0,20$; Δ=109 м.

$$H_{13} = 384,3 - 18,8N \ + 16,64_{\Delta}T_{ин} + 0,0352S_7 - 0,0244S_3, \qquad (13)$$

где $F = 7,9$; P <0,00001; $R^2 = 0,24$; Δ=93 м.

Для этих уравнений наиболее информативными предикатами оказались: начальное значение прогнозируемой величины, количества облаков, влажность, видимость, а также мощность, интенсивность и коэффициент эффективности инверсии. Как видно из прогностических зависимостей, высота нижней границы облаков уменьшается при

увеличении относительной влажности, мощности и эффективности инверсии. Как и уравнения, составленные для прогноза дальности видимости, наилучший результат дают уравнения для 7 часов. Для 13 часов было получено два уравнения и результаты показали, что с использованием адаптивных моделей качество прогноза улучшается, но всё равно средняя абсолютная ошибка имеет высокое значение. В дальнейшем уравнения, составляемые для 19 часов, оказались совсем неприемлемыми в использовании ($R^2 = 0,05$) , даже включая данные за 7 и 13 часов, результат все равно остается неудовлетворительным.

Заключение

В итоге можно отметить, что прогностические зависимости, составляемые на более поздний срок, по данным утренних наблюдений, дают менее качественные результаты, чем уравнение составлено ранние сроки. Хотя с использованием адаптивных моделей, в некоторых случаях выходные данные несколько улучшаются.

Полученные уравнения рекомендуется использовать при прогнозе, а также для его уточнения, что очень важно для принятия решения, по району базирования аэродрома Воронеж.

Список литературы

1. Баранов, А. М. Авиационная метеорология/ – С-Пб. : Гидрометеоиздат, 1993. 285 с.

2. Воробьев В.И Синоптическая метеорология/ – Л. : Гидрометеоиздат, 1991. 604 с.

Определение в Matlab параметров системы управления электроприводом постоянного тока методом статистических испытаний

А. Н. Горин, email: algorin.algoral@mail.ru
Н. Е. Ходырева, email: x.nat2021@mail.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрено применение Matlab+Simulink для определения параметров системы подчиненного управления электроприводом постоянного тока. Модель динамики электропривода и системы управления реализована в Simulink. При каждой реализации модели со случайными параметрами управляющих устройств оценивается значение обобщенного показателя (функционала). На основе множества испытаний определяются параметры управляющих устройств, обеспечивающих минимум обобщенного показателя.*

Ключевые слова: *Ключевые слова: электропривод постоянного тока, система управления, модель динамики, статистические испытания, Matlab+Simulink*

Введение

Системы управления электроприводами постоянного тока строятся как системы подчиненного управления, при этом во внешнем контуре из-за особенностей объекта управления применяется пропорциональный регулятор скорости, т. е. в системе изначально предполагается наличие статической ошибки [1, 2]. Как правило, этапы расчета параметров управляющих устройств с использованием того или метода и анализ качества функционирования системы управления путем построения переходных процессов выполняются последовательно [1-3]. Достаточно высокий уровень развития современных программных средств для решения сложных вычислительных задач и моделирования, например, Matlab+Simulink, позволяет объединить оба этапа [4].

1. Постановка задачи

В статье ставится. задача разработки в Simulink динамической модели системы управления электроприводом постоянного тока и формирования в Matlab программы поиска параметров управляющих

© Горин А. Н., Ходырева Н. Е., 2022

устройств, минимизирующих обобщенный показатель качества функционирования системы.

2. Схема решения задачи

Обобщенная схема решения задачи представлена на рис. 1.

Модель динамики строится в Simulink, при этом параметры модели задаются не числовыми значениями, а именами.

Значения именованные параметры получают в программе Matlab. В этой же программе выполняется планирование экспериментов на модели (задание случайных значений параметров управляющих устройств), вычисление значения обобщенного показателя качества функционирования системы управления для каждой реализации модели и поиск параметров управляющих устройств, обеспечивающих минимальное значение обобщенного показателя.

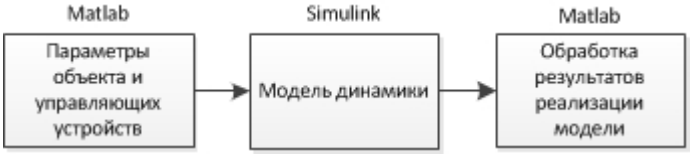


Рис. 1. Общая схема решения задачи

3. Подход к построению динамической модели

При моделировании процессов в электроприводе постоянного тока с независимым возбуждением используем детализированную структурную схему объекта, в которой переменные состояния имеют физический смысл, т.е. являются сигналами в различных точках схемы [1].

Для рассматриваемого объекта детализированная структурная схема объекта без учета системы регулирования представлена на рис. 2.

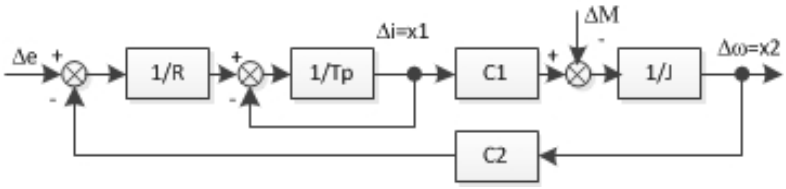


Рис. 2. Детализированная структурная схема электропривода постоянного тока

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

$\Delta i = x1$ – ток якорной цепи; $\Delta\omega = x2$ – скорость вращения двигателя; Δe – выходной сигнал регулятора тока (управляющее воздействие); ΔM – изменение момента на валу двигателя (возмущающее воздействие); T = 0,05 с – постоянная времени якорной цепи двигателя; R = 2,6 Ом – активное сопротивление якорной цепи; $C1$ = 2 Н·м/А, C2 = 2 В·с/рад – конструктивные параметры двигателя; $J = 0{,}115$ кг·м^2 – момент инерции двигателя совместно с моментом инерции исполнительного органа, приведенным к валу двигателя.

Числовые значения параметров объекта взяты из [1].

Из рис. 2 легко может быть получена математическая модель электропривода в следующем виде, где p – комплексная переменная:

$$\Delta i(p) = \frac{p}{RTp^2 + Rp + \frac{C1C2}{J}}\Delta e(p),$$

$$\Delta\omega(p) = \frac{C1C2}{J}\Delta i(p) - \frac{1}{Jp}\Delta M(p).$$

В промышленных электроприводах переменная состояния *x1*, представляющая ток якорной цепи, и переменная *x2*, представляющая скорость вращения двигателя, регулируются с помощью автоматических устройств.

Для уменьшения влияния изменений момента нагрузки на скорость вращения построим подчиненную систему управления, в которой внутренний контур представляет собой пропорционально-интегральный регулятор тока якорной цепи, внешний – пропорциональный регулятор скорости (рис. 3).

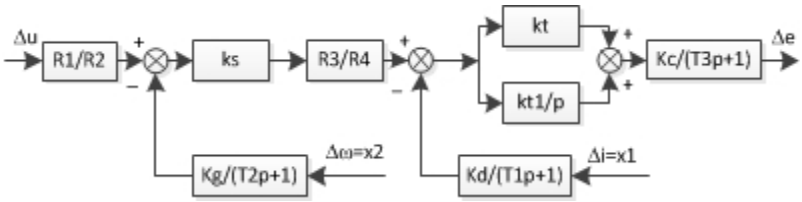


Рис. 3. Структурная схема системы регулирования скорости

На рис. 3 приняты следующие обозначения (обозначения после знака равенства использованы в программе):

Δu – выходной сигнал регулятора положения; *Kd*=*Kdt*=1,5 В/А, *Kg*=*Ktg*=1 В·с/рад, *Kc*=*Ktp*=26 – коэффициенты передачи датчика тока

(ДТ), тахогенератора (ТГ) и тиристорного преобразователя (ТП); *R1=R2=R3=R4*=10 кОм – резисторы на входах регуляторов скорости и тока; *T1=Tdt*=0,002 с, *T2=Ttg*=0,01 с, *T3=Ttp*=0,003 с – постоянные времени, характеризующие инерционности ДТ, ТГ и ТП; *ks=krs*, *kt=krt*, *kt1=krt1* – параметры управляющих устройств.

Модель динамики электропривода с системой управления, построенная в Simulink на основе рис. 3, представлена на рис. 4.

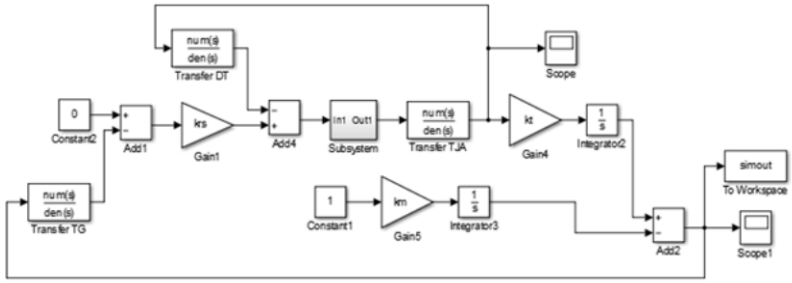


Рис. 4. Модель электропривода с системой управления

Модель регулятора тока и тиристорного преобразователя оформлена в виде подсистемы Subsystem и представлена на рис. 5.

Передача данных, характеризующих переходный процесс, в рабочее пространство MatLab обеспечивается включением в модель блока To Workspace из библиотеки Sinks.

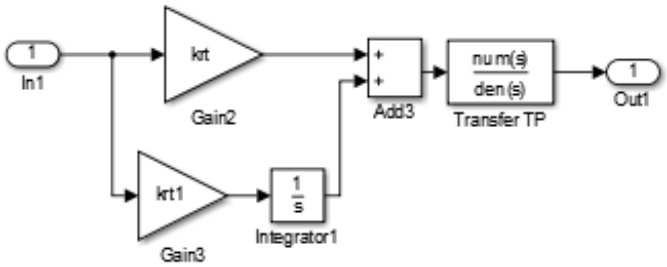


Рис. 5. Модель регулятора тока и тиристорного преобразователя

В рабочую область Workspace среды MatLab (в работе использована версия 15) передается массив временных отсчетов Time() и переходного процесса Data().

Программный код Matlab представлен в листинге 1. Открытие и запуск модели Simulink, вычисление и анализ обобщенного показателя качества функционирования системы управления выполняются в цикле.

В качестве обобщенного показателя качества использован интеграл от абсолютного отклонения скорости электропривода от установившегося значения. Вычисление интеграла выполняется методом трапеций.

Открытие модели Simulink выполняется оператором open('electroprivod_control_mdl.mdl'), а запуск модели на выполнение – оператором sim('electroprivod_control_mdl.mdl').

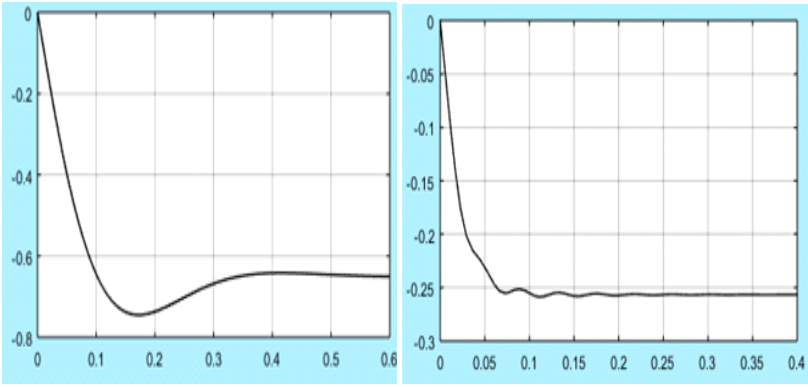
Листинг 1

Задание параметров модели динамики и статистические испытания модели

```
%Число испытаний модели системы управления
N=200;
%Параметры электропривода
T=0.05;R=2.6;k1=2;k2=2;J=0.115;
%Параметры модели электропривода
z2=T*R; z1=R; z0=k1*k2/J;
nmr=[1 0]; dnmr=[z2 z1 z0];
nmr1=[k2/J];dnmr1=dnmr;
kt=k1/J;km=1/J;
nmr2=[-R*T/J -R/J];
dnmr2=dnmr;
%Параметры измерительно-исполнительной части
%системы управления
Kdt=1.5;Tdt=0.002;Ktp=26;Ttp=0.003;
Ktg=1;Ttg=0.01;
ndt=[Kdt];ddt=[Tdt 1];
ntp=[Ktp];dtp=[Ttp 1];
ntg=[Ktg];dtg=[Ttg 1];
%Граничные значения параметров регуляторов
krm=0.1; krb=0.5; Tim=0.01; Tib=0.1;
krsm=0.2; krsb=3;
intmin=1e8;
for i=1:1:N,
    krt=random('unif',krm,krb);
    krt1=1/random('unif',Tim,Tib);
    krs=random('unif',krsm,krsb);
    open('electroprivod_control_mdl.mdl');
    sim('electroprivod_control_mdl.mdl');
    d=size(tout);  integral=0;
    for j=2:1:d(1),
       p1=abs(simout.Data(j))+
         abs(simout.Data(j-1));
       p2=simout.Time(j)-simout.Time(j-1);
       integral=integral+p1*p2;
    end;
```

```
    if (integral<intmin)
      intmin=integral;  krz=krt;
      Tiz=1/krt1; krsz=krs;ii=i;
    end;
end;
krt=krz; krt1=1/Tiz;  krs=krsz;
open('electroprivod_control_mdl.mdl');
sim('electroprivod_control_mdl.mdl');
intmin,krz,Tiz,krsz,ii
```

На рис. 6 приведены графики изменения скорости электропривода при единичном ступенчатом возмущении со стороны момента на валу электропривода при отсутствии и наличии системы управления.



а б

а – без системы управления; б – с системой управления

Рис. 6. Графики переходных процессов при единичном изменении момента

Из графиков, представленных на рис. 6, следует, что при возмущении по нагрузке и наличии системы регулирования скорости максимальное отклонение скорости от номинальной в 3 раза меньше, чем в нерегулируемом электроприводе, а установившееся отклонение меньше приблизительно в 2,5 раза

Заключение

Разработанная модель регулируемого электропривода позволяет определить оптимальные значения параметров управляющих устройств и построить графики переходных процессов в системе. Анализ переходных процессов приводит к необходимости ограничения

коэффициента передачи регулятора скорости из-за наличия внутренней обратной связи в объекте управления. Увеличение коэффициента передачи позволяет уменьшить статическую ошибку, но процесс приобретает колебательный характер.

Модель может быть легко адаптирована для расчетов параметров управляющих устройств электроприводов с другими значениями конструктивных параметров.

Список литературы

1. Башарин, А. В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ: Учеб. пособие для вузов /А. В. Башарин, Ю. В. Постников. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 512 с.

2. Сабинин, Ю. А. Электромашинные устройства автоматики: Учебник для вузов / Ю. А. Сабинин. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 408 с.

3. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

4. Определение параметров управляющих устройств в сложных системах управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab+Simulink / А. М. Литвиненко [и др.] // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. – 2019. – Том 15. – № 3 – С. 16-23.

Прогностическое моделирование скорости движения атмосферы на основе стохастических регрессоров

Громковский А. А. e-mail: aag68@bk.ru
Костылева Л. Н. e-mail: kostyleva12@yandex.ru
Мозиков Б. В.

ФГКВОУ ВО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *На основе пространственно-распределенных данных метеорологических наблюдений скорости ветра построена прогностическая регрессионная модель скорости движения атмосферы. Анализ построенной модели выполнен на основе проверки статистических гипотез о параметрах модели. Алгоритм проверки статистических гипотез о параметрах модели реализован на основе предположения о стохастической природе независимых переменных-регрессоров прогностической модели. Предлагаемый подход упрощает выявление и оценку причинно-следственной связи зависимой и независимых переменны при осуществлении прогнозирования. На основе данного подхода можно достаточно просто строить интервальные оценки параметров прогностической модели.*

Ключевые слова: *Моделирование, прогнозирование, асимптотический подход в регрессионном анализе, стохастические предикторы прогностической модели, оценивание причинно-следственной связи переменных прогностической модели, анализ модели.*

Введение

Краткосрочный прогноз скорости движения атмосферы можно построить с использованием подхода прогностического моделирования [1]. Прогностическая модель скорости ветра может быть построена с применением методов регрессионного анализа на основе данных пространственно-распределенных выборочных совокупностей метеорологических наблюдений для данного участка атмосферы [1, 2]. При построении прогностической модели важно учитывать природу независимых переменных – регрессоров. Это имеет принципиальное значение при проведении анализа модели и оценки значимости причинно-следственной связи прогнозируемой переменной и переменных-регрессоров.

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В, 2022

1. Отбор прогностических регрессоров для построения модели

Для построения прогностической регрессионной модели скорости движения атмосферы была сформирована архивная выборочная совокупность за период с 2014 по 2018 год по метеостанции города Пермь в количестве 10000 случаев. В качестве факторов изменения скорости движения атмосферы Ff (м/с) рассматривались температура воздуха T (К), температура точки росы T_d (К), влажность воздуха U (%), атмосферное давление (Па), атмосферное давление, приведенное к уровню моря P_0 (Па), барометрическая тенденция P_a (Па), направление ветра VV (град.) и количество баллов облачности N. После выборочная совокупность была разделена на обучающую и контрольную в отношении 2:1, обучающая выборка составила 6667 случаев, а контрольная 3333 случая.

Отбор предикторов для прогностической регрессионной модели скорости движения атмосферы осуществлялся посредством реализации процедуры последовательного присоединения (просеивания) на основе анализа матрицы коэффициентов парной корреляции [1]. Корреляционная матрица для исследуемых величин представлена в приведенной ниже таблице.

Таблица

Корреляционная матрица регрессоров скорости движения атмосферы

	Ff	T	P_0	P	P_a	U	N	VV	T_d
Ff	1								
T	0,01	1							
P_0	-0,52	-0,25	1						
P	-0,22	-0,33	0,99	1					
P_a	-0,48	-0,06	0,05	0,06	1				
U	-0,17	-0,33	-0,15	-0,12	0,10	1			
N	0,44	-0,03	-0,24	-0,23	-0,07	0,24	1		
VV	-0,05	0,31	0,20	0,17	0,03	-0,44	-0,33	1	
T_d	-0,05	0,93	-0,31	-0,38	-0,02	0,01	0,04	0,18	1

Проведенная оценка корреляции показывает, что величины количество баллов облачности N, атмосферное давление, приведенное к уровню моря P_0 и барометрическая тенденция P_a демонстрируют умеренную тесноту взаимосвязи со скоростью ветра Ff. Остальные регрессоры показывают слабую и очень слабую связь, следовательно их нецелесообразно включать в модель.

2. Оценивание параметров прогностических моделей

Дальнейшая реализация метода последовательного присоединения заключалась в переборе моделей с различным количеством отобранных регрессоров. На основе обучающей выборочной совокупности были построены прогностические модели для скорости ветра Ff с одним, двумя и тремя регрессорами. Параметры прогностических моделей оценивались методом наименьших квадратов [2, 3].

На первом этапе последовательного присоединения было построено три прогностических модели с одним регрессором:

$$Ff = 29,67 - 0,03P_0 \quad (1)$$

$$Ff = 2,38 - 0,19P_a \quad (2)$$

$$Ff = 1,64 + 0,09N \quad (3)$$

На втором этапе последовательного присоединения было построено три двухфакторной модели:

$$Ff = 1,68 - 0,16P_a + 0,09N \quad (4)$$

$$Ff = 28,82 - 0,03P_a - 0,17P_0 \quad (5)$$

$$Ff = 23,13 - 0,03P_0 + 0,08N \quad (6)$$

На завершающем этапе последовательного присоединения была построена трехфакторная прогностическая модель:

$$Ff = 22,59 - 0,03P_0 - 0,17P_a + 0,08N \quad (7)$$

На основе данных контрольной выборочной совокупности были определены основные показатели успешности прогностических моделей: средняя абсолютная ошибка (САО), среднеквадратичное отклонение (СКО), коэффициент корреляции (R_{xy}) [1, 4].

На первом этапе были рассчитаны оценки качества для прогностических моделей парной регрессии:

Модель $Ff = 29,67 - 0,03P_0$, САО=4,89; СКО=6,95; R_{xy} =0,21.

Модель $Ff = 2,38 - 0,19P_a$, САО=2,76; СКО=4,12; R_{xy} =0,18.

Модель $Ff = 1,64 + 0,09N$, САО=3,01; СКО=5,05; R_{xy} =0,21.

Для данных прогностических моделей ошибка прогноза составляет от 3 до 7 м/с. Низкий коэффициент корреляции прогнозирования скорости движения атмосферы является существенной причиной отвержения модели в целях прогнозирования. Модели парной регрессии нецелесообразно использовать в метеорологической практике.

Двухфакторные прогностические модели оценивались по тем же критериям.

– Модель $Ff = 1,68 - 0,16P_a + 0,09N$, САО=2,54; СКО=3,98; R_{xy} = 0.28.

– Модель $Ff = 28,82 - 0,03P_a - 0,17P_0$, САО=2,36;СКО=3,75; R_{xy} = 0.32.

– Модель $Ff = 23,13 - 0,03P_0 + 0,08N$,САО=2,98; СКО=4,04; R_{xy} = 0.26.

Для двухфакторных прогностических моделей ошибка прогноза составляет от 2,5 до 4 м/с, коэффициент корреляции низкий. Двухфакторные прогностические модели скорости движения атмосферы нецелесообразно использовать для прогнозирования скорости ветра в метеорологическом подразделении.

Для трехфакторной прогностической регрессионной модели $Ff = 22,59 - 0,03P_0 - 0,17P_a + 0,08N$ средняя абсолютная ошибка составила 1,02, среднеквадратичное отклонение составило 2,01, коэффициент корреляции 0,52. Ошибка трехфакторной прогностической модели находится в пределах 1 – 2 м/с. При использовании данной прогностической регрессионной модели для прогнозирования скорости движения атмосферы предполагается реализация оправдываемых в большинстве случаев прогнозов.

3. Оценка значимости прогностической регрессионной модели скорости ветра в целом

Коэффициент детерминации, полученной прогностической регрессионной модели составил 0,39. Полученное прогностическое уравнение на 39% объясняет влияние включенных в него регрессоров скорость движения атмосферы. Оставшиеся 61% влияния можно объяснить факторами, которые не учитывались при прогнозировании.

Статистическая значимость прогностической регрессионной модели скорости ветра проверялась на основе следующих гипотез [3]:

$H_0 : R^2 = 0$ – построенное уравнение в целом незначимо;

$H_1 : R^2 \neq 0$ – построенное уравнение в целом значимо.

Для проверки статистической значимости построенной модели регрессии в целом использовалась статистика одностороннего критерия Фишера $F_{табл}(\alpha; m; n-m-1)$, где α – уровень значимости; m – количество параметров модели; n – количество наблюдений. Табличное значение статистики критерия Фишера для уровня значимости в 1% составило $F_{табл}(0,01;3;6663) = 3,78$.

Расчетное значение статистики критерия Фишера как отношение объясненной и остаточной дисперсии зависимой переменной составило $F_{расч}$=237,9.

Так как $F_{расч} > F_{табл}$ на уровне значимости (1%) принимается гипотеза H_1. Построенная прогностическая модель в целом значима, получено надежное математическое описание прогноза скорости движения атмосферы.

4. Оценка значимости параметров прогностической регрессионной модели скорости ветра

Для проверки статистической значимости параметров прогностической регрессионной модели скорости движения атмосферы выдвигалась пара гипотез для каждого из параметров. Основная – о незначимом отличии от нуля полученной оценки данного параметра, альтернативная – о значимом отличии от нуля полученной оценки параметра [4].

$H_0 : a_j = 0$, параметр незначим;

$H_1 : a_j \neq 0$ параметр значим.

Для проверки выдвинутых гипотез использовалась статистика критерия Стьюдента.

Табличное значение статистики критерия Стьюдента $t_{табл}(0{,}01;6667) = 2{,}57$.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента параметра a_0:

$t_{a_0}^{расч} = \frac{a_0}{m_{a_0}} 15{,}23; \quad \left| t_{a_0}^{расч} \right| > t_{табл}$.

Для параметра a_0 при заданном уровне значимости принимается гипотеза H_1, коэффициент несет значимую информацию в модели.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента параметра a_1:

$t_{a_1}^{расч} = \frac{a_1}{m_{a_1}} = -14{,}11; \quad \left| t_{a_1}^{расч} \right| > t_{табл}$. Для параметра a_1 при заданном уровне значимости принимается гипотеза H_1, коэффициент несет значимую информацию в модели.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента параметра a_2:

$t_{a_2}^{расч} = \frac{a_2}{m_{a_2}} = 15{,}86; \quad \left| t_{a_2}^{расч} \right| > t_{табл}$. Для параметра a_2 при заданном

уровне значимости принимается гипотеза H_1, коэффициент несет значимую информацию в модели.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента параметра a_3:

$t_{a_3}^{расч} = \frac{a_3}{m_{a_3}} = -8,73$; $\left|t_{a_3}^{расч}\right| > t_{табл}$. Для параметра a_3 при заданном уровне значимости принимается гипотеза H_1, коэффициент несет значимую информацию в модели.

Все параметры построенной прогностической регрессионной модели скорости движения атмосферы значимы. Получены надежные статистические оценки параметров, содержащие объективную информацию о влиянии регрессоров на прогнозируемую переменную.

5. Анализ прогностической модели скорости движения атмосферы в предположении стохастичности предикторов

Классическая модель множественной регрессии может быть построена в предположении стохастичности переменных-регрессоров. В этом случае предпосылки применения данной модели ослабляются и работает асимптотический подход [2, 3, 5]. Стохастичность регрессоров корректно отражает физическую сущность метеорологических величин, использованных для построения прогностической модели скорости движения атмосферы. Поэтому целесообразно использовать тестирование значимости параметров построенной прогностической регрессионной модели скорости ветра в предположении асимптотического подхода.

Основная гипотеза $H_0 : a_j = 0$, альтернативная гипотеза $H_1 : a_j \neq 0$.

Алгоритм проверки выдвинутой гипотезы будем следующим:

1. Расчетное значение тестовой статистики определяется по формуле $u = \frac{a_j}{m_{aj}}$.

2. Определяется P – значение стандартного нормального распределения: $P = 2\Phi\left(-\left|\frac{a_j}{m_{aj}}\right|\right)$

3. Определяется уровень значимости α.

4. Если P – значение меньше уровня значимости $2\Phi\left(-\left|a_j / m_{aj}\right|\right) < \alpha$ то следует отвергнуть основную гипотезу H_0 и сделать вывод в пользу альтернативной гипотезы,

Соответственно, на уровне значимости 1% можно получить следующее условие отвержения выдвинутой гипотезы: $2\Phi\left(-\left|a_j / m_{aj}\right|\right) < 0,01$. Это условие эквивалентно равенству $\left|a_j / m_{aj}\right| > 2,58$.

С учетом определенных ранее отношений оценок параметров моделей к стандартным ошибкам их оценивания видно, что все параметры прогностической модели скорости движения атмосферы в предположении стохастичности статистически значимы.

6. Интервальное оценивание параметров прогностической модели движения атмосферы со стохастическими регрессорами

Для построения интервальных оценок параметров прогностической модели скорости движения атмосферы были определены критические значения тестовой статистики при уровне значимости 1%, которое составляет 2,58 и при уровне значимости 5%, которое составляет 1,96.

На первом этапе оценивания были рассчитаны интервальные оценки всех параметров при уровне значимости 1%:

Для параметра α_0, точечная оценка равна 22,59 стандартная ошибка составляет 1,08. Данный параметр находится в интервале от 18,76 до 26,42.

Для параметра α_1, точечная оценка равна -0,03 стандартное отклонение составляет -0,0019. Данный параметр находится в интервале от -0,32 до -0,27.

Для параметра α_2, точечная оценка равна -0,15 стандартное отклонение составляет -0,017. Данный параметр находится в интервале от -0,2 до -0,11.

Для параметра α_3, точечная оценка равна 0,08 стандартное отклонение составляет -0,0048. Данный параметр находится в интервале от 0,08 до 0,63.

На втором этапе оценивания были рассчитаны интервальные оценки всех параметров при уровне значимости 5%:

Для параметра α_0, точечная оценка равна 22,59 стандартное отклонение составляет 1,08. Данный параметр находится в интервале от 19,68 до 25,5.

Для параметра α_1, точечная оценка равна -0,03 стандартное отклонение составляет -0,0019. Данный параметр находится в интервале от -0,031 до -0,024.

Для параметра α_2, точечная оценка равна -0,15 стандартное отклонение составляет -0,017. Данный параметр находится в интервале от -0,18 до -0,12.

Для параметра α_3, точечная оценка равна 0,08 стандартное отклонение составляет -0,0048. Данный параметр находится в интервале от 0,07 до 0,09.

Заключение

Построение прогностической модели метеорологической величины в предположении стохастичности регрессоров на основе использования асимптотического подхода позволяет упростить процедуру оценки значимости параметров модели.

На основе формул проверки значимости параметров можно достаточно просто определить интервальные оценки параметров модели. Интервальное оценивание параметров прогностической регрессионной модели является более корректным способом вычисления значений показателей модели на основе экспериментальных данных, по сравнению с точечным оцениванием. Асимптотическое предположение о характере предикторов создаваемой модели позволяет упростить вычисления интервальных оценок по сравнению с подходом классической линейной модели множественной регрессии.

Список литературы

1. Блейк, Д. Физические основы динамики атмосферы и метеорологии / Д. Блейк, Р. Робсон. – Долгопрудный.: ИД «Интеллект», 2016. – 160 с.

2. Горяинова Е.Р. Прикладные методы анализа статистических данных / Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е. Н Платонов. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – 310 с.

3. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2017. – 912 с.

4. Кун, М. Предиктивное моделирование на практике / М. Кун, К. Джонсон. – СПб. : Питер, 2019. – 640 с.

5. Матвеев, М. Г. Разработка и исследование статистических моделей нестационарного многомерного временного ряда атмосферных температур в условиях неоднородности / М. Г. Матвеев, Е. А. Сирота // Информационные технологии. – 2014. – № 12. – С. 20-24.

Методические аспекты моделирования метеорологического обеспечения полетов с использованием программно-технического комплекса

В. В. Дорофеев, e-mail: gdv555900@mail.ru,
Д. В. Гедзенко, П. Ю. Качалкин

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
(г. Воронеж)

Аннотация. *Предлагается модель применения назначения программно-технических комплексов при метеорологическом обеспечении полетов межрегиональной авиации.*

Ключевые слова: *межрегиональная авиация, визуальные полеты, метеоспециалисты.*

Введение

Развитие межрегиональной авиации, выполняющих полеты на местных воздушных линиях (МВЛ) и использующих ниже воздушное пространство по правилам визуальных полетов (ПВП) [1], зависит от организации метеорологического обеспечения. Поэтому реализация поставленных задач, стоящих перед межрегиональной авиацией на территории Российской Федерации особенно в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах требует совершенствования научно-методического аппарата метеорологического обеспечения полетов на МВЛ с использованием программно-технических комплексов. Это обусловлено тем полет на МВЛ проводится на малых и предельно – малых высотах по правилам визуальных полетов зачастую проводится над неосвещенной в метеорологическом отношении территории и без радиолокационного контроля, а аэродромы в населенных пунктах не достаточно оборудованы системами посадки или их не имеют. Следует отметить, что при метеорологическом обеспечении полетов на МВЛ необходима дополнительная метеорологическая информация о пространственной и временной изменчивости высоты нижней границы облачности (ВНГО) и метеорологической дальности видимости (МДВ), это обстоятельство требует особенно тщательного анализа атмосферных процессов, развивающихся в нижней половине тропосферы, особенно в ее пограничном слое. Наряду с этим, необходимо производить всестороннюю оценку влияния физико-географических условий на

© Дорофеев В. В., Гедзенко Д. В., Качалкин П. Ю., 2022

полеты по правилам визуальных полетов (ПВП) по маршруту с шагом 50 км, а в районе аэродрома посадки в радиусе 30 км.

Поэтому при оценке метеорологических условий при полетах на МВЛ возникает противоречие из-за несовершенства существующей модели работы метеоспециалистов и возрастающими требованиями к метеорологическому обеспечению полетов на МВЛ. Разрешение данного противоречия требует совершенствование модели работы метеоспециалистов и научно методического аппарата путем применения и освоения программно-технического комплекса (ПТК) МИТРА на всех этапах метеорологического обеспечения полетов и перелетов межрегиональной авиации на МВЛ.

Разработка модели

В настоящее время широкое распространение в организациях Росгидромета получила Геоинформационная система «Метео» (ГИС Метео) – программный продукт выполняющий прием обработку, накопление и отображение различной метеорологической информации. Одним из компонентов глобальной системы ГИС Метео, является система циркулярного распространения информации МИТРА, которая представляет собой совокупность протоколов, алгоритмов, программных и технических средств, позволяющих организовать высоконадежную и экономически эффективную многоадресную передачу файлов по спутниковым каналам и IP-сетям.

Абонентами ПТК МИТРА являются локальные вычислительные сети учреждений Росгидромета, к которым подключены серверы и автоматизированные рабочие места метеоспециалистов, а также персонал учреждений Росгидромета. Кроме того, сеть обеспечивает доступ различных внешних абонентов (представителей ряда других ведомств РФ и различных коммерческих пользователей) к данным наблюдений и гидрометеорологической продукции по каналам связи.

Абонентский комплекс (АК) МИТРА может выполнять функцию шлюза между сетями, терминалом или узлом АСПД, либо работать в каждой из сетей отдельно.

Главной задачей комплекса является получение всеми возможными способами максимума информации, необходимой для эффективной работы метеоспециалистов.

Подготовка к метеорологическому обеспечению и проведению полетов с применением программно-технического комплекса МИТРА позволит эффективно применить методы и средства метеорологического обеспечения полетов, в реальном масштабе времени.

Одним из основных факторов метеорологического обеспечения, оказывающих непосредственное влияние на безопасность полетов

является временной показатель, характеризующий своевременность доклада и различных уточнений к разработанному прогнозу погоды.

Научной новизной предлагаемой модели проведения метеорологического обеспечения полетов на МВЛ является ее отличие от существующей модели обеспечения применением программно-технического комплекса МИТРА в котором рассчитывается математическая модель ВИГО и МДВ над неосвещенной территорией в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах.

В программно-техническом комплексе МИТРА предусмотрены следующие функции получения фактической и прогностической гидрометеорологической информации (ГМИ), а также тематическая обработка аэросиноптического материала (АСМ) и спутниковых данных:

– интерполяция гидрометеорологических величин, как по заданным локальным районам, так и по Северному или Южному полушариям в целом;

– возможность использования в качестве данных наблюдений на неосвещенных территориях результатов 12-часового прогноза;

– возможность восполнения недостающей ГМИ, необходимой для прогностических методов;

– возможность формирования сеточных полей гидрометеорологических параметров, заданных изолиниями;

– возможность формирования слоев прогностической информации; возможность создавать графический слой, отображающий географическое положение линий, обозначающих положение атмосферных фронтов;

– возможность создания картографических документов со спутниковыми снимками, нанесенными на картографический фон;

– задание оператором прогностической траектории барического образования, путем указания направления перемещения барического образования;

– расчет средней фактической скорости перемещения барического образования на каждом интервале времени между двумя последовательными сроками наблюдения;

– автоматическая индикация и выделение в интерактивном режиме зон с опасными явлениями погоды;

– управление видимостью и порядком расположения картографических слоев; отображение полного объема служебной информации в виде контекстного меню; отображение границ военных округов, метеостанций при наличии соответствующих цифровых картографических слоев.

Формы представления прогнозов погоды могут реализовываться в виде цифрового картографического документа (для отображения, редактирования и вывода на печать), в виде картографического слоя для экспорта в другие геоинформационные системы и в виде графического или текстового файла для сохранения в файловой системе.

Основу модели составляет эргодическая система формирования научного представления метеоспециалистом об алгоритмах работы по метеорологическому обеспечению межрегиональной авиации на ПМВ.

Своевременность действий метеоспециалиста в период подготовки и обеспечения полетов описывает его способность выполнить функциональные обязанности в виде конкретных действий на различных этапах обеспечения полетов межрегиональной авиации. Численно своевременность действий, в рассматриваемом аспекте, целесообразно вводить в рассмотрение выражением, соответствующим вероятности (Рсв) и его составляющими вида:

$$P_{св} = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{\Delta t}{\sigma\Delta}\right), \qquad (1)$$

где Φ_0 – интеграл вероятности Лапласа, определяемый в работе [2], Δt – резерв времени, $\sigma\Delta$ – среднеквадратическое отклонение в определении резерва времени.

Параметр оценки информационной деятельности метеоспециалиста, связанный с готовностью к действиям – это его способность, характеризующая его реакцию немедленно приступить к действиям по другому алгоритму или варианту обеспечения полетов на различных этапах выполнения функциональных обязанностей. Данная характеристика особенно важна для действий метеоспециалиста, т.к. именно от своевременности и готовности к действиям зависит качество метеорологического обеспечения полетов в условиях усложнения ситуации и дефицита времени на ее анализ.

Для решения задач управления обеспечением безопасности полетов в метеорологическом отношении и управления безопасностью конкретного полета над территорией, которая слабо освещена метеорологическом отношении целесообразно создание единой информационно-аналитической системы программно-аппаратного комплекса, позволяющей отслеживать параметры состояния атмосферы, получать прогностическую информацию, а также своевременное доведение до летного состава в подсистеме «информация – экипаж воздушного судна».

Основными элементами системы метеорологического обеспечения полетов межрегиональной авиации являются: метеоспециалист, средства

и объем получаемой информации, которые объединены вопросами обеспечения безопасности полета воздушного судна. Под средствами понимается программно-аппаратный комплекс, который способен выполнять точные и правильные метеорологические расчеты параметров атмосферы, а также обеспечить метеоспециалистов наиболее полным комплектом аэросиноптического материала, необходимого для качественного прогнозирования метеорологической обстановки над малоосвещенной местностью.

Объем получаемой метеорологической информации как элемент модели может рассматриваться рассматривается в виде блочно-информационного подхода, достаточно хорошо зарекомендовавшего на других программно-аппаратных комплексах.

Рассматриваемая модель относится к идеальной, т.к. отражает познавательные функции изучения и прогнозирования метеорологических процессов и явлений, а также создает мысленные конструкции, в которых совершаются логические образования. Наглядность и целостность такого подхода проявляется в том, что существующая система связей и отношений воплощается в форме понятных физических процессов и явлений, позволяющих метеоспециалисту сформировать правильное и наиболее точное представление о погодных условиях происходящих над малоосвещенной территорией в метеорологическом отношении при обеспечении полетов межрегиональной авиации.

Весь процесс реализации получения всей необходимой информации, проводимых при использовании программно-технических комплексов, сводится к последовательному раскрытию данной модели.

Выделяются условно три этапа раскрытия содержания: в широком, специальном и узком смыслах этих слов. Работа метеоспециалиста на каждом этапе организуется и проводится в рамках системного подхода.

На этапе широкого раскрытия модели изучаются главные понятия, микроструктурные и логические связи. Формируется первичное представление метеоспециалиста об изучаемых процессах и явлениях атмосферы, как единого процесса познания погодных условий.

На втором этапе раскрытия модели в специальном смысле слова в рассмотрение вводятся элементы матрицы. Результатом познания на этом этапе является системное осознание и освоение метеоспециалистом структурно-функциональной целостности основных понятий погодных условий в соотношении с макро- и микроструктурами всех физических процессов и явлений.

Этап узкого раскрытия модели осуществляется в период непосредственного расчета прогнозируемых погодных условий. Он

связан с производством практических расчетов по имеющимся данным метеорологических измерений характеристик атмосферы, анализом аэросиноптической обстановки по картам погоды и разработкой краткосрочного прогноза погоды на период полетов.

Заключение

Таким образом, реализация системного подхода с применением программно-аппаратного комплекса при метеорологическом обеспечении полетов межрегиональной авиации позволяет оптимизировать работу метеоспециалиста и повысить качество метеорологического обеспечения полетов в малоосвещенных районах, путем производства автоматизированных расчетов и построений математических моделей в пункте прогноза, что исключает влияние человеческого фактора и значительно сокращает время по сравнению с традиционным алгоритмом работы.

Список литературы

1. Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации (ФАППП ГА). Приказ Министра обороны Российской Федерации № 275 от 24 сентября 2004 г.

2. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. 486 с.

Модель расчета высоты конвективно-неустойчивого слоя атмосферы с учетом задерживающих слоев

А. И. Драбо, email: pigarev.andr@yandex.ru
А. Е. Пигарев, email: pigarev.andr@yandex.ru
А. С. Животворев, email: pigarev.andr@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Представляется модель, позволяющая определить давление на верхней границе и высоту конвективно-неустойчивого слоя как одного из информативных параметров атмосферной конвекции, используемых при прогнозировании конвективной облачности и связанных с ней опасных явлений погоды.*

Ключевые слова: *модель, задерживающий слой, сухая адиабата, изограмма, конвективно-неустойчивый слой.*

Введение

Безопасность выполнения различных задач, выполняемых государственной авиацией, неразрывно связана с различными видами обеспечения полетов, одним из которых является метеорологическое обеспечение. Оно включает в себя процедуры анализа и прогноза метеорологических величин и явлений погоды. Особое место занимают явления погоды, обусловленные конвективной облачностью (грозы, ливневые осадки, ухудшающие видимость ниже установленных минимумов, обледенение, электризация, атмосферная турбулентность сильной интенсивности). Сложность диагноза и прогноза указанных явлений заключается в их стохастичности и пространственно- временной неравномерности.

Повышение точности прогноза конвективных явлений оказывает непосредственное влияние на качество метеорологического обеспечения государственной авиации и безопасности полетов в целом. Достижение этой цели предполагается за счет использования модели расчета атмосферного давления на верхней границе конвективно-неустойчивого слоя (КНС) с учетом ярко выраженных задерживающих слоев (инверсия и изотермия). КНС обладает большими энергетическими запасами и оказывает существенное влияние на образование конвективных явлений.

© Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С., 2022

Модель расчета высоты КНС при наличии задерживающих слоев

Алгоритм графического построения КНС с использованием аэрологической диаграммы представлен в [1].

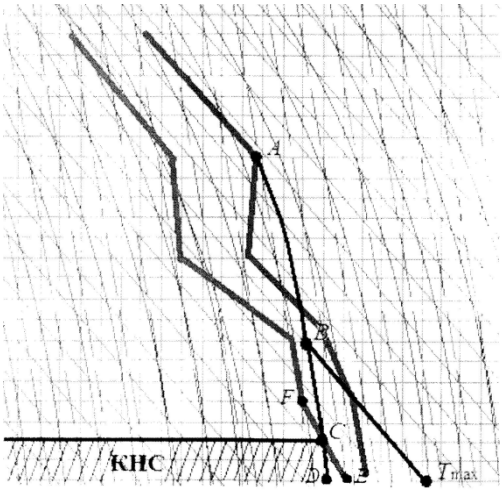


Рис. 1. Определение КНС при выраженном задерживающем слое

На рис. 1 точка B является точкой пересечения сухой адиабаты, проведенной через точку с температурой $T = T_{max}$, спрогнозированной по способу Бельского [3], с влажной адиабатой проведенной из точки A (верхней границы задерживающего слоя). Из точки B проводится изограмма до пересечения с кривой точек росы (точка C). Давление в этой точке соответствует давлению на верхней границе КНС.

Программная реализация данного алгоритма с целью ускорения процесса определения давления на верхней границе КНС и отказа от графических построений потребовала разработку математической модели, содержание которой представлено далее.

1. По данным радиозондирования атмосферы разрабатывается прогноз максимальной температуры воздуха на день [3] и определяется T_{max}.

2. По этим же данным определяется температура T_A и давление p_A в точке A.

3. Рассчитывается массовая доля водяного пара Sm_A в точке A:

$$Sm_A = Sm_C = \frac{3799 \cdot 10^{\frac{8{,}615T_A}{273{,}15+T_A}}}{p_A}. \quad (2)$$

4. Определяется псевдоэквивалентная температура в точке A:

$$Tp_A = T_A + \frac{L}{c_p} Sm_A \text{ или } Tp_A = T_A + \Delta T_A, \quad (3)$$

где L – скрытая теплота парообразования; c_p – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении; величина $\frac{L}{c_p} Sm_A = \Delta T_A$ – виртуальный добавок.

5. Рассчитывается псевдопотенциальная температура в точке A:

$$\theta p_A = Tp_A \left(\frac{1000}{p_A} \right)^{0,286}. \quad (4)$$

6. Точка B расположена на одной влажной адиабате с точкой A, что указывает на постоянство псевдопотенциальных температур в этих точках, то есть $\theta p_A = \theta p_B$. Тогда:

$$\theta p_A = \left(T_B + \Delta T_B\right) \left(\frac{1000}{p_B} \right)^{0,286},$$

$$\theta p_A = T_B \left(\frac{1000}{p_B} \right)^{0,286} + \frac{L}{c_p} Sm_B \left(\frac{1000}{p_B} \right)^{0,286}, \quad (5)$$

$$\theta p_A = T_{max} + \frac{L}{c_p} Sm_B \left(\frac{1000}{p_B} \right)^{0,286}.$$

7. Точка B является точкой пересечения влажной адиабаты AB и сухой адиабаты, проходящей через точку с максимальной температурой T_{max}. Тогда можно записать:

$$\begin{cases} \theta p_A = T_{max} + \dfrac{9497{,}5 \cdot 10^{\frac{T_B}{273{,}15+T_B}}}{p_B} \left(\dfrac{1000}{p_B} \right)^{0,286} \\ T_B = T_{max} + \gamma_B z_B \end{cases}. \quad (6)$$

где γ_B – вертикальный градиент температуры; z_B – высота точки B.

8. Переход от давления p_B к высоте z_B осуществляется с использованием барометрической формулы:

$$z_B = \ln\left(\frac{p_0}{p_B}\right)\frac{R_c T_0}{g} \text{ или } z_B = 29T_0 \ln\left(\frac{p_0}{p_B}\right), \quad (7)$$

где p_0 и T_0 – давление и температура воздуха у поверхности земли по данным радиозондирования атмосферы; R_c – удельная газовая постоянная сухого воздуха; g – ускорение свободного падения.

9. Выразив из первого уравнения системы (5) давление p_B в точке B получим:

$$p_B = \sqrt{\frac{68487 \cdot 10^{\frac{T_в}{273,15+T_в}}}{\theta p_A - T_{max}}}. \quad (8)$$

Следует отметить, что выражение (7) содержит две неизвестных, а именно T_B и p_B. Данный факт указывает на трансцендентность системы (5), аналитическое решение которой в настоящее время является затруднительным. Выход из этой ситуации возможен путем введения некоторых упрощений, например, путем замены влажной адиабаты, проведенной до пересечения с сухой адиабатой через точку T_{max} на соответствующий отрезок изограммы, а также с использованием надстройки «Подбор параметра» Microsoft Excel.

10. По второму уравнению системы (5) рассчитывается температура в точке B:

$$T_B = T_{max} + 29\gamma_B T_0 \ln\left(\frac{p_0}{p_B}\right), \quad (9)$$

11. Рассчитывается массовая доля водяного пара Sm_B в точке B:

$$Sm_B = \frac{3799 \cdot 10^{\frac{8,615T_в}{273,15+T_в}}}{p_B}. \quad (10)$$

12. Определяется температура в точке D, являющаяся пересечением изограммы, проходящей через точку B с изобарой приземного давления $p_0 = p_D$. Тогда с учетом выражения (8):

$$T_B = \left(273,15 \cdot \lg\left(\frac{Sm_B \cdot p_0}{3799}\right)\right) \Big/ \left(8,615 - \lg\left(\frac{Sm_B \cdot p_0}{3799}\right)\right). \quad (11)$$

13. По температуре и давлению в точках B и D получаем уравнение изограммы BD:

$$p = \frac{p_B - p_0}{T_B - T_D}\left(T - T_D\right) + p_0 . \qquad (12)$$

14. По данным радиозондирования атмосферы определяется температура точки росы T'_F и давление p_F в точке F и строится уравнение кривой точек росы на участке FE:

$$T = \frac{T'_F - T'_0}{p_F - p_0}\left(p - p_0\right) + T'_0 . \qquad (13)$$

15. Решение системы уравнений (11) – (12) относительно $p = p_C$ позволяет получить значение давления на верхней границе КНС:

$$p_C = a\left(\frac{p_0 - p_F + aT'_F - bT_D}{a - b}\right) + p_0 , \qquad (14)$$

где $a = \frac{p_0 - p_F}{T'_0 - T'_F}; b = \frac{p_B - p_0}{T_D - T_B}$.

Заключение

Рассмотренный подход к решению задачи определения давления на верхней границе КНС при наличии задерживающих слоев в атмосфере позволяет существенно ускорить процесс определения одного из основных параметров атмосферной конвекции. Кроме того, возможно построение моделей КНС для различных видов стратификации атмосферы, рассмотренных в [3]. Давление на верхней границе (высота) КНС является информативным показателем, используемым при прогнозировании конвективной облачности и связанных с ней опасных явлений погоды.

Список литературы

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных сил. – М.: Воениздат, 1971. – 488 с.

2. Скирда, И. А. Авиационные прогнозы погоды / И. А. Скирда, И. И. Ульшин, А. Б. Мартьяшкин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014 – 475 с.

3. Матвеев, Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – Л. : Гидрометеоиздат, 2000. – 778 с.

Моделирование процесса взаимодействия незрячего пользователя и сетевой информационной системы

О. В. Дубровина, e-mail: prepov@rambler.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрены аспекты адаптации и основные составляющие современной сетевой информационной системы, предназначенной для работы незрячего пользователя и построена модель адаптации СИС в нотации IDEF0 и модель взаимодействия незрячего пользователя и сетевой информационной системы с применением средств MS Visio.*

Ключевые слова: *Адаптация, интеграция, сетевые технологии, тифлоинформационные технологии, сетевая информационная система, программа экранного доступа, брайлевский дисплей.*

Введение

В настоящее время существует острая необходимость в изучении проблем адаптации различных информационных систем к потребностям незрячих пользователей. При разработке сетевых информационных систем (СИС) основной упор делается на визуальное восприятие информации пользователями. При этом весь принцип работы основан на использовании зрения, обычной клавиатуры и компьютерной мыши. Незрячий пользователь применяет обычную клавиатуру и дисплей Брайля, по необходимости. Весь алгоритм работы основан на тактильном и слуховом восприятии информации. Любая графическая информация незрячим пользователям не доступна. Рассмотрим процесс взаимодействия незрячего пользователя с сетевой информационной системой.

1. Взаимодействие незрячего пользователя с СИС

Взаимодействие незрячего пользователя с сетевой информационной системой происходит при помощи тифлоинформационных средств, в состав которых входят аппаратные и программные тифлосредства [4].

Состав персонального компьютера для незрячего пользователя представлен на рис. 1.

© Дубровина О. В., 2022

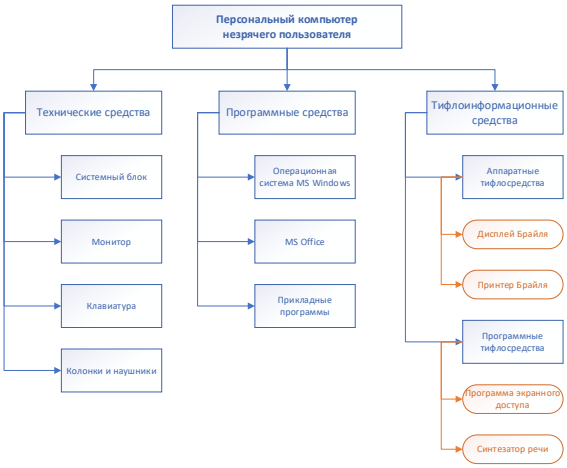


Рис. 1. Состав персонального компьютера для незрячего пользователя

Незрячий пользователь прослушивает информацию с экрана монитора. Чтение информации на экране производит программа экранного доступа, синтезатор речи озвучивает все прочитанное. Он входит в состав программы экранного доступа или устанавливается отдельно, в зависимости от предпочтений незрячего пользователя. Чтение информации происходит последовательно сверху вниз.

При наличии дисплея Брайля незрячий пользователь может читать текст с его помощью. В этом случае информация воспринимается тактильно.

Общая схема взаимодействия незрячего пользователя с сетевой информационной системой основана на управляющем воздействие незрячего пользователя по отношению к СИС (рис. 2).

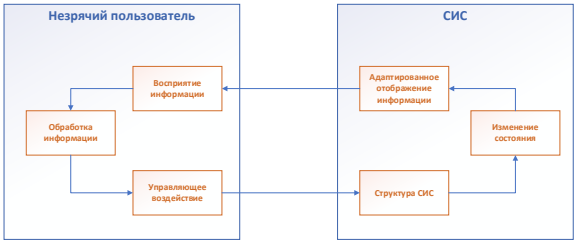


Рис. 2. Схема взаимодействия незрячего пользователя с СИС

Незрячий пользователь обращается к сетевой информационной системе при помощи имеющихся аппаратных и программных средств. Сетевая информационная система имеет свою структуру, в которой незрячий пользователь просматривает необходимую информацию. При работе с информацией через программу экранного доступа незрячий пользователь должен получать ее в измененном состоянии, адаптированном в удобном для него виде.

Возможности незрячего пользователя ограничены особенностями управления при помощи программы экранного доступа и брайлевского дисплея. Основная функция программы экранного доступа чтение информации, выведенной на монитор. При этом читается вся информация, вне зависимости от ее ценности для незрячего пользователя. К примеру, для просмотра данных из таблиц незрячий пользователь сначала прослушает всю информацию из шапки таблицы, а потом построчно всё содержимое таблицы. Графическую информацию, видео и аудио файлы программа экранного доступа пропускает, не распознавая.

Дисплей Брайля считывает информацию с экрана постепенно, в процессе передвижения окна по монитору, предоставляя доступ только к понятной ему информации.

Для полноценного доступа необходимо адаптировать сетевую информационную систему и информацию к потребностям незрячего пользователя.

2. Построение информационной модели

Для адаптации сетевой информационной системы необходимо грамотно продумать ее структуру, правильно разместить все элементы и не менять расположение этих элементов. Вся представляемая информация должна быть читаемой и понятной. Текстовую информацию необходимо представлять в структурированном виде. Для графической информации нужны подписи и пояснения или механизмы распознавания.

Аудио и видео материалы должны содержать комментирование и располагаться внизу или на отдельной вкладке СИС. В основе адаптации СИС лежит выполнение ГОСТ Р 52872-2019 по обеспечению доступности ресурсов для пользователей с проблемами зрения [1].

При работе за компьютером незрячий пользователь применяет обычную клавиатуру. Вся работа строится на знании десятипальцевого метода печати и набора команд управления Windows. Необходимо учитывать эти особенности при разработке, адаптации и построении локальной сети.

Общая информационная модель адаптации сетевой информационной системы представлена на рис. 3 и 4.

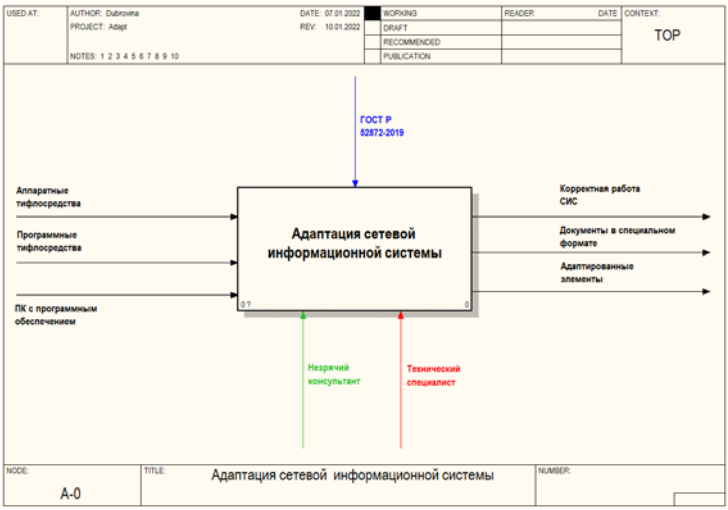


Рис. 3. Информационная модель адаптации СИС для незрячих пользователей

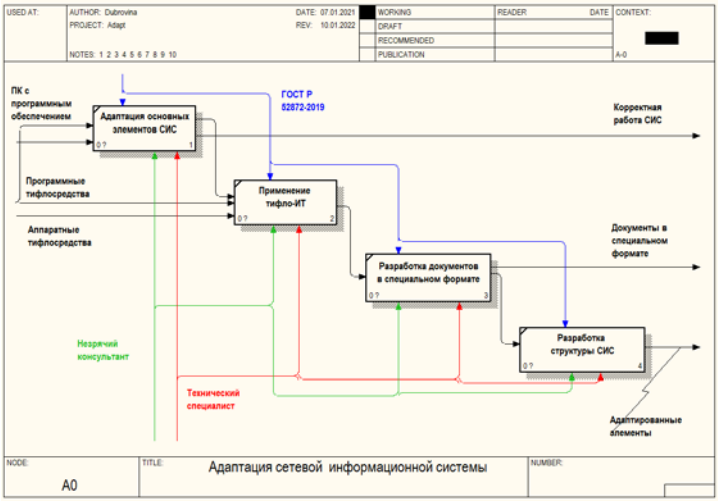


Рис. 4. Декомпозиция информационной модели адаптации СИС для незрячих пользователей

Информационная модель дает представление об основных аспектах адаптации сетевой информационной системы к потребностям незрячих

пользователей. Учитывая взаимодействие с СИС при помощи тифлоинформационных средств и особенностей доступа к информации с их помощью, необходима адаптация основных элементов системы, представление информации в удобном для незрячего пользователя виде, и корректная разработка структуры системы.

Заключение

Полноценное взаимодействие незрячего пользователя с сетевой информационной системой возможно при соблюдении основных аспектов адаптации системы к потребностям таких пользователей и возможностям тифлоинформационных средств.

Проведенное моделирование процессов позволяет выявить основные закономерности адаптации и необходимые для этого тифлоинформационные средства. Информационные модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются необходимые для использования аппаратные и программные тифлосредства и персональный компьютер с доступным программным обеспечением. Выходными данными являются, корректная работа СИС, документы в специальной форме и адаптивные элементы, процесс формирования которых выполняется под регламентацией ГОСТ Р 52872-2019 и ФЗ N 181-ФЗ. Исполнителями процессов являются незрячий консультант и технический специалист.

Список литературы

1. Алексеев В.В. Адаптивная информационная технология подготовки операторов систем специального назначения на основе компетентностного подхода/ В.В. Алексеев, А.А. Шишкин // Правовая информатика, 2018. № 3. С. 60-69.

2. Рощина М.А. Основы компьютерных тифлотехнологий. Нижний Новгород: ЦСТПР «Камерата», 2007. С. 60.

3. Щвецов В.И. Педагогическое сопровождение освоения и применения компьютерных технологий как средства социальной интеграции лиц с глубокими нарушениями зрения/ В.И. Щвецов, М.А. Рощина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Инновации в образовании. Н.Новгород: Издательство ННГУ, 2012. №4(1). С.76-82.

4. Компьютерные технологии для незрячих и слабовидящих [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.tiflocomp.ru/

Подходы к оценке потенциалов авиационных формирований

А. Н. Дудин,
А. Д. Афанасьев, E-mail: usy_2001@mail.ru
В. А. Дьяченко, E-mail: dvadich@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассмотрен ряд подходов к оценке боевых потенциалов воинских формирований, в том числе, авиационных. Показано, что данную оценку необходимо проводить с учетом влияния управляющей и обеспечивающих систем авиационного формирования.*

Ключевые слова: *авиационное формирование, боевой потенциал, управляющая система, обеспечивающая система.*

Введение

Современный этап развития военного искусства характеризуется дальнейшим совершенствованием форм и способов вооруженной борьбы, широким применением различных видов высокоточного оружия, средств разведки, управления и связи, беспилотных летательных аппаратов [1]. Изменяется и характер военных конфликтов. Не смотря на то, что доктринальные установки ведущих государств и предусматривают ведение крупномасштабных и региональных войн, их возникновение в настоящее время маловероятно. Объективной реальностью являются многочисленные локальные войны и вооруженные конфликты с присущими только им условиями ведения боевых действий:

– отсутствует явно выраженная сплошная линия боевого соприкосновения войск;

– под конкретную задачу временно создаются, как правило, разнородные воинские формирования;

– данные воинские формирования обладают высокой мобильностью;

– на их вооружении находятся высокоэффективные образцы вооружения, средства управления и связи.

При этом, не смотря на масштаб военного конфликта, актуальной остается задача прогнозирования хода и исхода военного конфликта в зависимости от начального состоянии сил противоборствующих сторон и условий его ведения.

© Дудин А. Н., Афанасьев А. Д., Дьяченко В. А., 2022

Подходы к оценке потенциалов авиационных формирований

На практике для оценки возможностей конфликтующих сторон традиционно используются два основных метода: метод анализа статистических данных прошедших вооруженных конфликтов и метод боевых потенциалов [2].

Метод анализа статистических данных и установления закономерностей вооруженной борьбы на основе изучения войн прошлого является важнейшими в военных и военно-исторических исследованиях, и имеют большую практическую ценность в первую очередь при апробации и опытном доведении различных математических моделей вооруженного противоборства до необходимой точности.

Метод боевых потенциалов [2] предполагает, что различные типы вооружений можно сравнить по вносимому ими вкладу в результат боевых действий и каждому из них присвоить весовой коэффициент, как показатель боевого потенциала. При этом потенциал группировок войск (воинских формирований) вычисляется путем сложения потенциалов всего вооружения группировок (формирований):

$$БП = \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot БП_i , \qquad (1)$$

где N – количество типов вооружения в группировке (формировании); K_i – количество вооружения i-го типа в группировке (формировании); $БП_i$ – боевой потенциал вооружения i-го типа.

В авиации Воздушно-космических сил в основе методика оценки боевого потенциала авиационных формирований лежит оценка возможностей авиационных комплексов по поражению объектов противника. При этом одни из них основаны на непосредственном расчете потребных нарядов самолетов при поражении типовых расчетных объектов противника, другие – на количественной оценке возможностей ударных авиационных комплексов по поражению объектов противника в условных расчетных боеприпасах [3].

В [3] для унификации подходов к определению боевых возможностей боевых авиационных комплексов в составе межвидовой группировки войск (сил) предлагается методика расчета коэффициентов соизмеримости боевых авиационных комплексов, также выраженная в расчетных боеприпасах:

$$W^{k}_{рб.средн} = \sum_{j=1}^{m} k_j \cdot W^{k}_{рб_j средн} \qquad (2)$$

.

где $W^{k}_{рб.средн}$ – средневзвешенное значение боевого потенциала k-го авиационного комплекса, снаряженного боекомплектом из j-го боеприпаса, выраженного в расчетных боеприпасах; m – количество вариантов боекомплектов из j-х боеприпасов; k_j – соотношение норм накопления j-го боеприпаса ко всей номенклатуре создаваемых для авиационного комплекса накоплений авиационных средств поражения; $W^{k}_{рб_j средн}$ – средневзвешенный коэффициент соизмеримости авиационного комплекса, выраженный в расчетных боеприпасах при воздействии j-ми авиационными средствами поражения по выбранному объекту поражения.

Перечисленные методики хорошо применимы для военных конфликтов крупного масштаба, когда с достаточной степенью вероятности можно спрогнозировать исход вооруженного противоборства в зависимости от национальной мощи государств конфликтующих сторон [4] или потенциала противостоящих группировок войск [2]. Для военных же конфликтов современности прописной и постоянно декларируемой истиной стали утверждения о том, что боевые возможности воинских формирований во все большей степени определяются не только характеристиками их вооружения, сколько возможностями комплексов управления и связи, а также средств осуществляющих информационное обеспечение всех этапов выполнения боевой задачи [1]. Это относится и к авиационным формированиям, которые представляют собой целенаправленную совокупность боевых (основных), обеспечивающих и управляющих систем (подразделений) различного предназначения, которые в разной степени оказывают влияние на результативность применения авиационного формирования. И если с уверенностью можно констатировать, что применение (функционирование) боевых (основных) подразделений будет оказывать прямое влияние на результативность применения авиационного формирования в целом и оценку данного влияния можно производить на основе перечисленных методик, то задача оценки вклада управляющих и обеспечивающих систем (разведки, связи, радиотехнического обеспечения, радиоэлектронной борьбы и других) в конечный результат функционирования авиационного формирования является достаточно сложной для решения в прямой постановке.

В [5] рассмотрен вопрос оценки информационно-боевого потенциала конфликтующих сторон, подразумевающий учет информационной составляющей и взаимного влияния сторон в условиях ведения «войны в искусственной сфере» – техносферного конфликта, как

системы согласованных по цели, месту и времени информационных действий, направленных на частичный или полных захват управления выбранных систем управления, либо их перевод в деструктивный режим функционирования. В качестве объектов нападения и защиты рассматривается информация, существующая в рамках общемирового единого телекоммуникационного пространства. Общий показатель информационно-боевого потенциала конфликтующей стороны W представлен группой частных показателей:

$$W = f\left(T \cdot k_t; O \cdot k_o; S \cdot k_s; G \cdot k_g\right), \quad (3)$$

где T – информационно-технический показатель; O – организационный показатель; S – научный показатель; G – геополитический показатель; k_t, k_o, k_s, k_g – весовые коэффициенты соответствующих показателей.

Предложенный подход позволяет оценить информационно-боевой потенциал одной из сторон с учетом не только ее «внутренних» показателей, но и с учетом взаимосвязи с другими сторонами техносферного конфликта. Однако он подразумевает неограниченный рост информационно-боевого потенциала в зависимости от роста значений частных показателей (3), что неприемлемо при рассмотрении авиационного формирования, так как зависимость результатов его функционирования от функционирования управляющей и обеспечивающих систем носит несколько иной характер. Прирост эффективности функционирования авиационного формирования происходит до достижения определенных значений показателей качества функционирования управляющей и обеспечивающих систем. То есть данные значения показателей являются требуемыми для рассматриваемых систем и дальнейший их рост не окажет влияния на эффективность применения авиационного формирования, но, в то же время, их снижение ниже требуемых значений будет иметь негативные последствия для его функционирования.

Заключение

В связи с вышеизложенным целесообразно оценку эффективности функционирования управляющих и обеспечивающих систем производить не по положительному эффекту для авиационного формирования, а по отрицательному.

Список литературы

2. Сидорин А. Н. и др. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих

зарубежных государств: Информационно-аналитический сборник. М. : Воениздат, 2001. – 248 с.

3. Цыгичко, В. Н. Метод боевых потенциалов история и настоящее / В. Н. Цыгичко, Ф. Стоили, // Военная мысль. – 1997. – № 4 (7-8). – С. 23-28.

4. Ананьев, А. В. Методический подход к расчету коэффициентов соизмеримости авиационных комплексов при планировании применения в составе межвидовой группировки войск (сил) / А. В. Ананьев, А. В. Лазорак // Вестник Академии военных наук. – 2021. – № 2. – С. 91-97.

5. Балахонцев, Н. В. Зарубежные методы оценки потенциала стран / Н. В. Балахонцев, А. А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 11 (764). – С. 110-104.

6. Семенов, С. С. Оценка информационно-боевого потенциала сторон в техносферных конфликтах / С. С. Семенов, А. П. Гусев, Н. В. Барботько // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2013. – № 6. – С. 10-21.

Моделирование радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона в САПР Advanced Design System

В. А. Жигулин, obi4n@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина»

Аннотация. *Проведено моделирование супергетеродинного АМ радиоприёмника КВ-диапазона в САПР Advanced Design System. Приведены результаты моделирования и результаты оценки некоторых параметров радиоприёмника.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, САПР, КВ связь.*

Введение

В современном мире наблюдается тенденция к повышению несущих частот радиоприёмных устройств. Однако не теряют значимости и более низкие радиочастоты, в том числе и коротковолновый диапазон [1]. Благодаря особенностям распространения волн этого диапазона сохраняет актуальность вопрос проектирования радиоприёмных устройств для этих частот. Данная статья посвящена моделированию радиоприёмного устройства (РПрУ) КВ диапазона в САПР Advanced Design System. Цель работы: получить результаты моделирования радиоприёмного устройства, такие как осциллограммы и спектрограммы сигналов, а также рассчитать по ним избирательность по соседнему и зеркальному каналам данного радиоприёмника. Были поставлены следующие задачи:

– провести моделирование супергетеродинного радиоприёмника;
– проследить изменения сигнала в разных частях устройства;
– измерить некоторые характеристики данного РПрУ (избирательность по соседнему и зеркальному каналам).

Объектом исследования является модель радиоприёмного устройства КВ диапазона. Предмет исследования – это характеристики данного радиоприёмного устройства.

1. Коротковолновая радиосвязь

Коротковолновым (КВ) зовётся диапазон радиочастот от 3 МГц до 30 МГц. Данный диапазон используется для АМ радиовещания, а также для любительской и профессиональной радиосвязи на большие расстояния. Большое влияние на распространение радиоволн КВ диапазона оказывает ионосфера – область атмосферы на высоте 50—500

© Жигулин В. А, 2022

км от поверхности Земли. Данная область сильно ионизирована в результате воздействия солнечного излучения. Волны КВ диапазона отражаются от ионосферы с малыми потерями, благодаря чему, путём многократных отражений, они могут распространяться на большие расстояния до нескольких тысяч километров.

На коротких волнах наблюдаются т.н. замирания – изменения уровня принимаемого сигнала. Они представляют собой кратковременное снижение амплитуды или полное исчезновение сигнала. Возникновение замираний связано с изменением условий отражения сигнала от ионосферы в зависимости от времени суток, времени года, солнечной активности и других факторов.

К преимуществам коротковолновой радиосвязи относятся:

– Большой радиус действия (тысячи километров);
– Возможность обеспечения связи в труднодоступных районах;
– Относительная простота конструкции передатчика;
– Малая необходимая мощность передатчика.

К недостаткам КВ связи относятся:

– Слабая помехозащищённость;
– Неустойчивость связи, в зависимости от времени года, времени суток и солнечной активности;
– Сложность установки антенн (длинны антенн достигают десятки метров).

2. Моделирование РПрУ

В данной работе проводится моделирование радиоприёмного устройства КВ-диапазона. Данная модель представляет собой радиоприёмник амплитудно-модулированного сигнала супергетеродинного типа с одним понижением частоты (одной промежуточной частотой). РПрУ рассчитано на приём одной фиксированной станции. Схема модели представлена на рис.1. Она состоит из отдельных функциональных блоков. Приёмник обладает следующими характеристиками:

– Частота несущей 7,215 МГц;
– Частота модулирующего сигнала 1кГц;
– Частота гетеродина 6,76 МГц;
– Промежуточная частота 455 кГц;

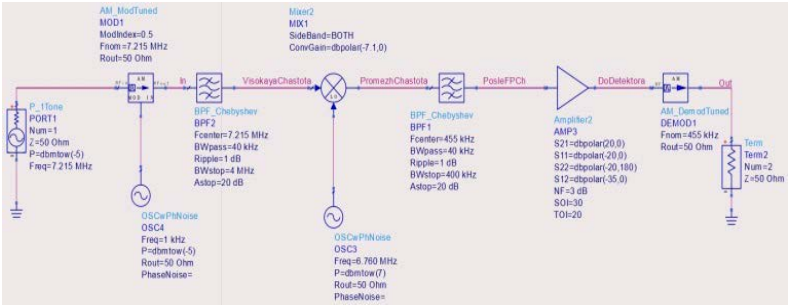
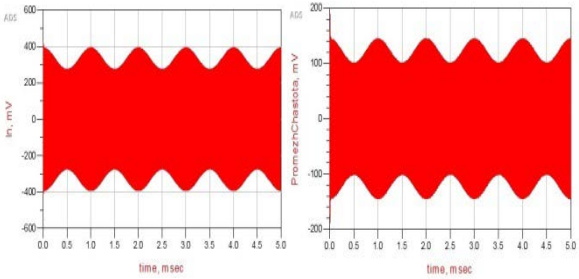
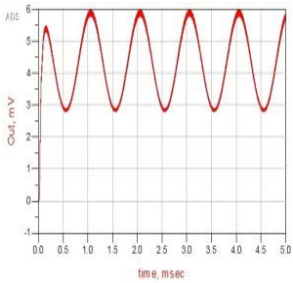


Рис. 1. Схема радиоприёмного устройства



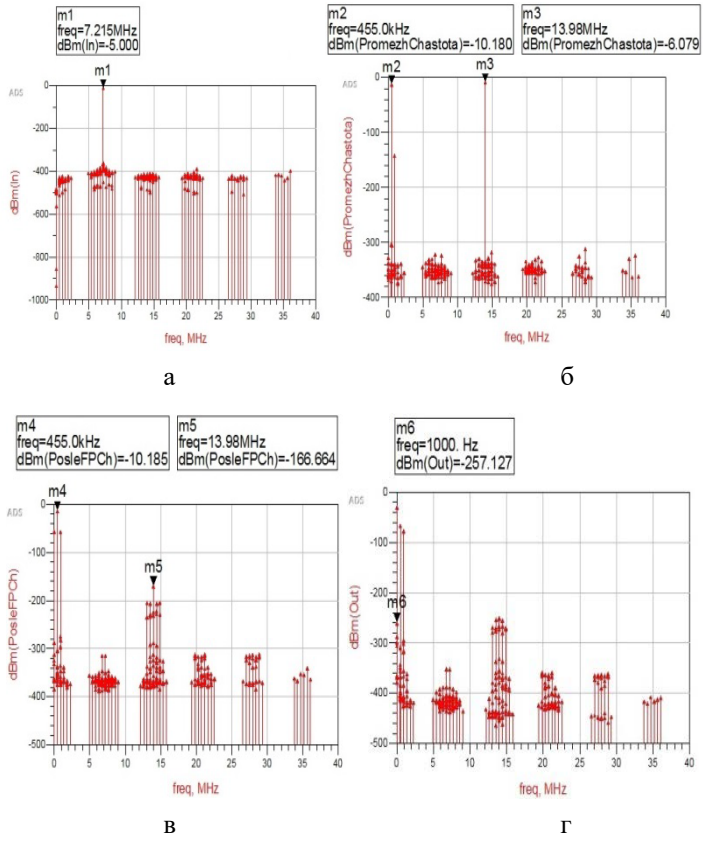
а б



в

а – входной сигнал, б – сигнал после преобразователя частоты, в – выходной сигнал

Рис. 2. Осциллограммы сигналов в разных точках приёмника



а – входной сигнал, б – сигнал после смесителя, в – сигнал после фильтра промежуточной частоты, г – выходной сигнал

Рис. 3. Спектрограммы сигналов

На рис. 2 приведены графики сигналов в разных точках РПрУ. Они получены после проведения временного анализа (Transient Simulation). На графиках мы видим входной модулированный сигнал (а), сигнал после смесителя (б) и выходной сигнал после детектора (в).

При помощи анализа методом гармонического баланса (HB Simulation) можно рассмотреть спектры сигналов в разных точках приёмника. Полученные спектрограммы приведены на рис. 3. Здесь можно видеть спектры сигналов на входе (а), после преобразователя частоты (б) (маркеры m2 и m3 показывают разностные и суммарные

гармоники соответственно), после ФПЧ (в) (здесь видно, как ослабляются суммарные гармоники), после АМ детектора (г).

3. Оценка некоторых параметров РПрУ

Оценим избирательность приёмника по соседнему и зеркальному каналам. Избирательность характеризует способность приемника выделять сигналы нужной станции и не пропускать сигналов других, мешающих приему, станций.

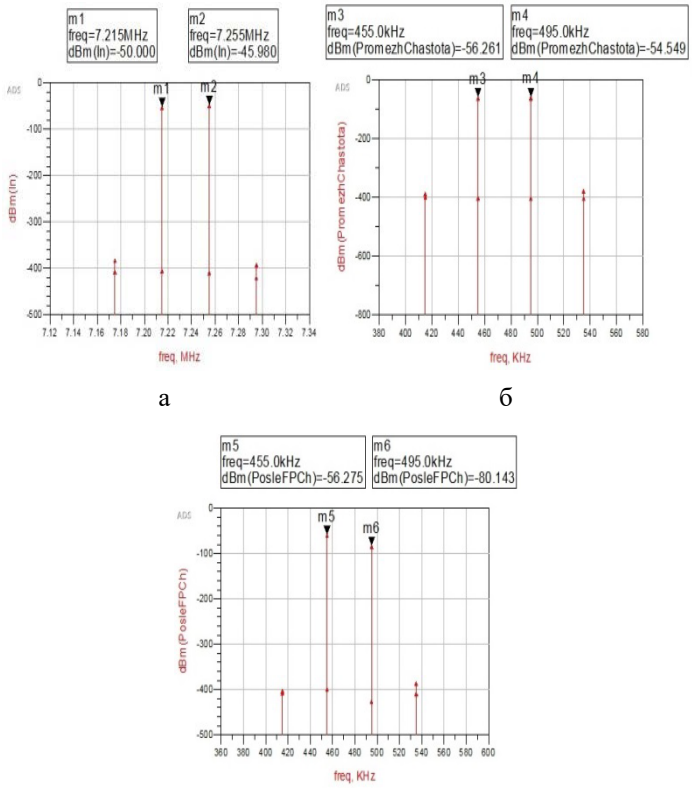
Избирательность по соседнему каналу – это способность приемника принимать полезный сигнал на заданной частоте канала с заданным качеством в присутствии мешающего сигнала по соседнему каналу. Избирательность по соседнему каналу достигается за счёт фильтра промежуточной частоты (ФПЧ). Для оценки этого вида избирательности сравнивают мощности полезного и мешающего сигналов после ФПЧ. Численно избирательность по соседнему каналу определяется как отношение коэффициента передачи главного тракта приемника на рабочем канале к его коэффициенту передачи на соседнем канале и рассчитывается по следующей формуле:

$$A_{ск} = 10\lg\left(\frac{P_{гк}}{P_{ск}}\right) \qquad (1)$$

где $A_{ск}$ – подавление соседнего канала, $P_{ск}$ – мощность соседнего канала, $P_{гк}$ – мощность главного канала.

Исследуемый приёмник настроен на станцию с амплитудной модуляцией. Ширина спектра АМ сигнала равняется удвоенной ширине спектра модулирующего сигнала. Поэтому, для оценки избирательности по соседнему каналу, подадим на вход приёмника два сигнала с частотами несущих, различающимися на ширину спектра модулирующего сигнала (7,215 МГц и 7,255 МГц). На рис. 4 представлены спектры сигнала а) на входе, б) после преобразователя частоты, в) после ФПЧ и УПЧ. По формуле (1) и рис. 4в можно рассчитать, что избирательность исследуемого приёмника по соседнему каналу равняется 23,868 дБ.

Измерим избирательность данного приёмника по зеркальному каналу. Зеркальный канал приёма – это вторая входная частота, дающая такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота. Сигнал, передаваемый на этой частоте, проходит через ФПЧ и неразделимо смешивается с полезным сигналом. Избирательность по зеркальному каналу достигается за счёт фильтра радиочастоты (ФРЧ), находящегося перед преобразователем частоты. Численно избирательность по зеркальному каналу равняется отношению мощностей главного и зеркального каналов.



а – входной сигнал, б – сигнал после преобразователя частоты, в – сигнал после ФПЧ

Рис. 4. Оценка избирательности по соседнему каналу

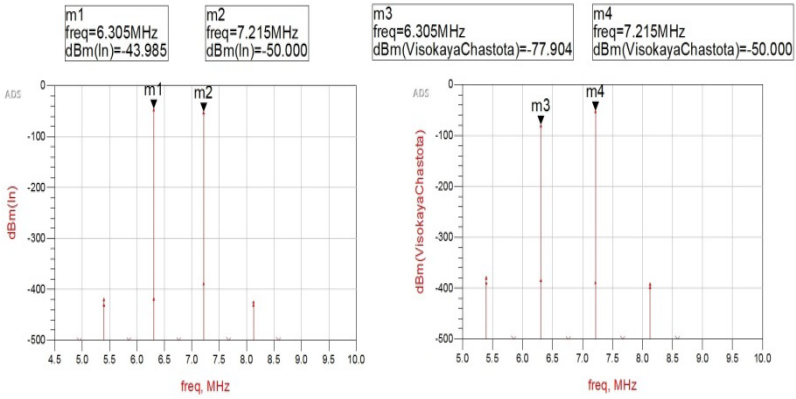
Рассчитывается она по следующей формуле:

$$A_{зк} = 10\lg\left(\frac{P_{гк}}{P_{зк}}\right) \qquad (2)$$

где $A_{зк}$ – подавление зеркального канала, $P_{зк}$ – мощность зеркального канала.

Поскольку промежуточная частота данного приёмника равна 455 кГц, а частота гетеродина соответственно 6,72 МГц, то для измерения избирательности подадим на вход сигналы с частотами 7,215 МГц и 6,305

МГц. Поскольку избирательность по зеркальному каналу осуществляется за счёт ФРЧ, приведём спектры сигналов до (рис. 5а) и после него (рис. 5б). Согласно формуле (2) и рис. 5б избирательность по зеркальному каналу равняется 27,904 дБ.



а б

а – сигнал до ФРЧ, б – сигнал после ФРЧ

Рис. 5. Оценка избирательности по зеркальному каналу

Заключение

В данной работе была представлена модель радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона супергетеродинного типа. Моделирование и измерения проводились в САПР Advanced Design System. Были представлены графики и спектрограммы сигналов в различных точках приёмника. Также с помощью моделирования была проведена оценка избирательности по зеркальному и соседнему каналам для данного приёмника.

Список литературы

1. Ступницкий, М. М. Потенциал КВ-радиосвязи – для создания цифровой экосистемы России / М. М. Ступницкий, Д. В. Лучин // Электросвязь. – 2018. – № 5. – С. 49-54.

2. Котлинский, С. В. Компьютерное моделирование радиоэлектронных средств на базе среды схемотехнического моделирования Advanced Design System (ADS): учеб. пособие / С. В. Котлинский, В. А. Павлов. – Тверь : Тверской государственный технический университет, 2020. – 160 с.

3. Каганов, В. И. Радиотехника: от истоков до наших дней : учебное пособие / В.И. Каганов. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 352 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-00091-495-3. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1115107 (дата обращения: 04.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

4. Проектирование радиотехнических устройств в среде Advanced Design System / А. Д. Головин, О. А. Смирнова, А. Н. Глотов, Равиль Загидуллин. – 1-е изд. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), 2006. – 44 с.

5. Смирнова, О. А. Применение моделирующего комплекса ADS в подготовке специалистов высшей квалификации для задач исследования и разработки радиоэлектронных средств защиты информации / О. А. Смирнова, Б. П. Петренко // Вопросы защиты информации. – 2006. – № 1 (72). – С. 46-51.

Подход к совершенствованию систем радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации

А. Г. Иванутkин, e-mail: mazurova83@mail.ru
А. В. Блинов, blinov.76@yandex.ru
М. В. Уткявичус, e-mail: macrakus@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *На основе анализа существующего состояния систем радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации и современных требований предъявляемым к точности определения координат воздушных судов предложены направления развития теории обеспечения полетов и подход к совершенствованию данных систем.*

Ключевые слова: *радиотехническое обеспечение полетов, точность, воздушное судно, летные проверки.*

Введение

В соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации государственная и гражданская авиация являются отдельными видами авиации. Регулирование деятельности в области государственной и гражданской авиации осуществляется соответствующими уполномоченными органами в области обороны (Минобороны России) и в области гражданской авиации (Минтранс России). Соответственно, каждым уполномоченным органом разрабатываются свои нормативно-правовые документы, регламентирующие различные виды деятельности, в том числе порядок организации радиотехнического, радиолокационного и навигационно-временного обеспечения полётов, которые могут иметь различия.

1. Анализ существующего состояния систем радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации

Для оборудования аэродромов гражданской авиации предприятиями промышленности разработан целый ряд средств обеспечения полётов, отвечающих современным требованиям. Каждое эксплуатируемое на аэродроме средство должно иметь сертификат типа, удостоверяющий

© Иванутkин А. Г., Блинов А. В., Уткявичус М. В., 2022

соответствие характеристик данного средства действующим в гражданской авиации требованиям.

Решение о принятии на снабжение Вооружённых Сил Российской Федерации ряда комплексов радиотехнического обеспечения (РТО), разработанных и выпускаемых промышленностью в интересах гражданской авиации, является целесообразным, поскольку в соответствии со статьёй 44 Воздушного кодекса Российской Федерации [1], аэродромы совместного базирования гражданских воздушных судов и воздушных судов государственной авиации, а также аэродромы совместного использования должны соответствовать требованиям, предъявляемым к аэродромам гражданской авиации.

Современное состояние сил и средств РТО государственной авиации с практической точки зрения оказывает негативное влияние на результат выполнения боевых задач авиацией и приводит к тому, что задачи РТО группировки авиации имеющимися в распоряжении командиров авиационных формирований в рамках существующих подходов к организации данного вида обеспечения не представляется возможным. Данное обстоятельство требует изменение взглядов на организацию и осуществление РТО государственной авиации и перехода к организации межвидовой и межведомственной системы РТО, включающей как силы и средства РТО ВКС, так и других министерств и ведомств, а также союзных государств, участвующих в современных операциях, основывающихся на реализации комплексного применения сил и средств РТО.

2. Современные требования к радиотехническому обеспечению полетов государственной авиации

Изменившиеся условия организации и ведения боевых действий группировки авиации предопределили уточнение оперативно-тактических требований к организации и системе РТО государственной авиации.

Все это привело к возникновению следующих противоречий в практике организации РТО государственной авиации между:

– необходимостью реализации в операциях различного уровня новых подходов к организации РТО и несовершенством существующих подходов к его организации;

– острой необходимостью объективности принятия органами управления решений на организацию РТО в условиях ведения военных действий и отсутствием современных методик оценивания эффективности данного вида обеспечения;

– необходимостью интеграции военных и гражданских систем РТО в интересах обеспечения авиации своевременной и достоверной

информацией о местоположении ВС в воздухе и отсутствие метода интеграции данных систем.

В связи с вышеизложенным крайне актуальным является создание ВСЛ на базе отечественного серийно выпускаемого беспилотного летательного аппарата с интегрированной автоматизированной системой летного контроля, максимально использующей в качестве датчиков, бортовое радиоэлектронное оборудование самолета.

Применение данного комплекса позволит выполнять следующий перечень задач, решаемых перспективной автоматизированной системой летного контроля, согласно которого:

1. Автоматизированная система летного контроля должна обеспечивать возможность выполнения летных проверок на всех этапах испытаний и эксплуатации нижеперечисленных средств радиотехнического обеспечения полетов:

– систем инструментального захода воздушных судов на посадку отечественного и международного дециметрового (ДМВ) диапазонов;

– систем посадки метрового (МВ) диапазона;

– перспективных микроволновых систем посадки (MLS);

– радиотехнических систем ближней навигации, азимутально-дальномерных радиомаяков в направленном и всенаправленном режимах;

– светосигнального оборудования аэродромов (в том числе систем световой индикации глиссады и лазерных курсоглиссадных систем посадки);

– посадочных каналов радиолокационных систем посадки.

2. Автоматизированная система летного контроля должна обеспечивать возможность предварительной оценки электромагнитной обстановки в режиме реального времени с привязкой спектрограмм к траектории полета самолета.

3. Направления совершенствования систем радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации

В связи с произошедшими изменениями структуры Вооружённых Сил Российской Федерации и созданием нового вида Вооружённых Сил – Воздушно-космических сил, новых взглядов на организацию РТО, а также поступлением на снабжение новых средств радиотехнического обеспечения полётов, в том числе изначально разрабатываемых в интересах гражданской авиации, считаем своевременным проведение анализа действующих нормативно-правовых документов, определяющих порядок организации радиотехнического обеспечения полётов государственной авиации, в том числе в особых условиях ее применения.

Таким образом, возникает необходимость в разработке теоретических положений по организации РТО государственной авиации в современных условиях ее применения, что в свою очередь потребует совершенствования научно-методического аппарата в части касающейся:

– уточнения содержания способов решения задач РТО государственной авиации;

– уточнения оперативно-тактических требований к РТО и к системе РТО;

– уточнения методов организации РТО государственной авиации;

– разработки метода интеграции систем РТО, развертываемых в районах применения авиации;

– разработки комплексной методики оценивания РТО государственной авиации.

Заключение

На основе вышеизложенного, для реализации разработанных теоретических положений по организации РТО государственной авиации необходимо решить частные практические задачи, заключающиеся в:

– разработке рекомендаций органам военного управления и военной промышленности по реализации метода интеграции систем РТО;

– разработке мероприятий по обеспечению устойчивости РТО в современных условиях применения авиации;

– уточнении порядка работы органов управления авиационных формирований в ходе организации РТО авиации;

– определении перечня, уточнении существующих и разработке новых руководящих документов, регламентирующих РТО государственной авиации.

Список литературы

1. Воздушный кодекс и Федеральные авиационные правила 2017. – М. : ООО «Авиатека», 2017. – с. 11.

Имитационная модель процесса распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи

Б. В. Илларионов
Д. С. Малиев, e-mail: dmaliev@mail.ru
В. В. Шевченко

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В интересах оценки эффективности алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи излучениям одновременно наблюдаемым геостационарным спутникам-ретрансляторам проведено имитационное моделирование процесса распознавания, воспроизводящее процессы обработки ТС, позволяющее получить количественные оценки показателей качества распознавания.*

Ключевые слова: *радиоконтроль; спутниковая связь; распознавание сигналов, имитационная модель.*

Введение.

Возможность одновременного наблюдения в точке размещения средств радиоконтроля сигналов, излучаемых пространственно-разнесенными спутниками-ретрансляторами (СР), обуславливает необходимость решения задачи распознавания сигналов линий спутниковой связи (СС) излучениям одновременно наблюдаемым геостационарным СР способом диагностики трактов ретрансляции [1,2].

В этой связи имитационное моделирование процесса распознавания принадлежности сигналов линий СС в интересах оценки эффективности алгоритмов распознавания, базирующихся на использовании различий в значениях компонентов векторных параметров положения одновременно наблюдаемых СР $\vec{\Pi}\{a,b,c\}$, является актуальным.

1. Алгоритмы распознавания принадлежности сигналов.

Решение задачи распознавания сигналов линий СС излучениям одновременно наблюдаемым геостационарным СР базируется на предварительных детерминированных и статистических расчетах с использованием вербальной описательной модели трактов ретрансляции и обработки тестовых сигналов (ТС) при попарном одновременном наблюдении излучений двух СР [2, 3], построенной в соответствии с физическими принципами технической реализации трактов ретрансляции систем СС с учетом априорной неопределенности о входе

© Илларионов Б. В., Малиев Д. С., Шевченко В. В., 2022

и выходе ретранслятора, включающей блоки оказывающие принципиальное влияние на распространение и обработку ТС с различных точек наблюдения на поверхности Земли. В этих условиях решение задачи распознавания проводится на основе обработки ретранслированных ТС, поступающих на вход приемных устройств средств радиоконтроля в составе смеси [3,4]:

$$\vec{y}(t) = \vec{s}(t, \vec{\Lambda}) + \vec{n}(t), \qquad (1)$$

где $\vec{y}(t)$ – вектор принимаемой реализации входного случайного процесса; $\vec{s}(t, \vec{\Lambda})$ – вектор принимаемых ТС; $\vec{\Lambda}$ – вектор параметров ТС, входящий в векторный параметр положения $\vec{\Pi}\{a, b, c\}$, характеризующий отдельный СР; $\vec{n}(t)$ – вектор шумов наблюдения, характеризующий все шумы приему ТС, включая сигналы линий СС как помехи радиоприему, а также помехи, обусловленные взаимодействием сигналов и шумов в нелинейном ретрансляторе.

В зависимости от частотно-временных параметров ретранслированных ТС решение задачи распознавания принадлежности вновь наблюдаемых сигналов линий СС пространственно-разнесенным геостационарным СР может быть проведено посредством виртуального разрешения принимаемых ТС в условиях действия некоррелированных шумов [3,5]:

$$y(t) = \theta_1 s_1(t, A_1, \tau_{31}) + \theta_2 s_2(t, A_2, \tau_{32}) + n_0(t), \quad t \in [0, T], \qquad (2)$$

где θ_1 и θ_2 – независимые случайные величины, которые могут принимать значения 0 и 1; тестовые сигналы $s_1(t, A_1, \tau_{31})$, $s_2(t, A_2, \tau_{32})$; A_1, A_2 – амплитуда ТС; τ_{31}, τ_{32} – задержки ТС при ретрансляции, обусловленные пространственным дрейфом наблюдаемых спутников.

Применительно к уравнению (2) математический алгоритм распознавания принадлежности вновь наблюдаемых сигналов линий СС пространственно-разнесенным геостационарным СР может быть представлен в виде [3,5]:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{E_1(1-\rho_{12}^2)} \displaystyle\int_0^T y(t) \left[s_1(t, A_1, f_{\partial 1}, \tau_1) - \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \rho_{12} s_2(t, A_2, f_{\partial 2}, \tau_2) \right] dt > \\ \dfrac{1}{E_2(1-\rho_{12}^2)} \displaystyle\int_0^T y(t) \left[s_2(t, A_2, f_{\partial 2}, \tau_2) - \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} \rho_{12} s_1(t, A_1, f_{\partial 1}, \tau_1) \right] dt > \end{cases} \qquad (3)$$

где ρ_{12} – коэффициент взаимной корреляции ТС, определяемый согласно выражению [5,6]:

$$\rho_{12} = \frac{1}{\sqrt{E_1 E_2}} \int_0^T s_1(t, A_1, f_{\partial 1}, \tau_{31}) s_2(t, A_2, f_{\partial 2}, \tau_{32}) dt ; \quad (4)$$

l_n – пороговый уровень, определяемый в общем случае по критерию минимума среднего риска [6].

При этом определение коэффициента взаимной корреляции ТС, ретранслированных пространственно-разнесенными геостационарными СР, обеспечивающего реализацию алгоритма распознавания, проводится согласно выражения:

$$\rho_\tau = 1 - \frac{(\tau_{31} - \tau_{32})}{T_{TC}}, \quad \tau_{31} - \tau_{32} < T_{TC} . \quad (5)$$

2. Имитационное моделирование процесса распознавания.

В интересах оценки эффективности представленных алгоритмов распознавания в среде математического программирования Mathcad разработана имитационная модель процесса распознавания принадлежности сигналов линий СС излучениям одновременно наблюдаемых пространственно-разнесенных СР.

Моделирование частотно-временных параметров тестовых сигналов при нестабильности орбиты контролируемого геостационарного спутника-ретранслятора позволяет определить дальность от точки наблюдения на поверхности Земли до геостационарного СР, движущегося по трехмерной фигуре дрейфа, с помощью которой производится расчет суммарного ослабления ТС L_Σ, характерного для распространения радиоволн на участках линий СС «вверх», «вниз» [3].

Учет суммарного ослабления ретранслированного ТС лежит в основе построения зоны облуживания наблюдаемого СР, которая задается координатами спутника на орбите и точкой прицеливания в центр зоны обслуживания и представляет из себя линии равного уровня формируемые на поверхности Земли с использованием эллиптичности аппроксимируемой ДН и геометрии взаимного положения спутника и точки прицеливания.

Энергетический расчет пересекающихся зон обслуживания пространственно-разнесенных СР, учитывающих влияние различных дестабилизирующих факторов на параметры ТС при их распространении на участках линий СС «вверх», «вниз» в свободном пространстве, позволяет воспроизвести процессы обработки ТС при реализации

математических алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий СС излучениям одновременно наблюдаемых СР.

Реализация алгоритма виртуального разрешения, выполненная с использованием имитационной модели, представлена на рис. 1. Полученные зоны достоверного распознавания принадлежности сигналов линий СС одновременно наблюдаемых пространственно-разнесенных СР, представляют из себя зависимости вероятности правильного распознавания $p_{ПР}$ от географических координат размещения средства РР для различных информативных признаков распознавания при наличии пространственно-временного разнесения спутников τ_{31}, τ_{32}.

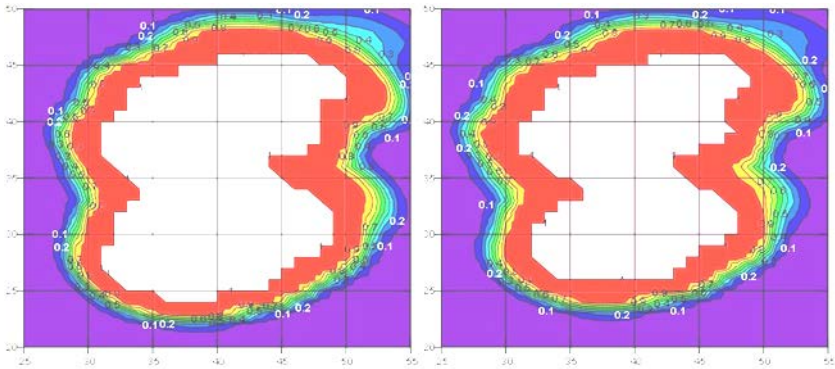


Рис. 1. Зоны достоверного распознавания принадлежности одновременно наблюдаемых СР для различных признаков распознавания

Практическая реализация алгоритма попарного различения, выполненная для случая пространственно-временного разноса одновременно наблюдаемых СР, представлена на рис. 2.

Заключение

Разработанная в среде математического программирования Mathcad, имитационная модель процесса распознавания принадлежности сигналов линий СС, воспроизводящая процессы обработки ТС при влиянии дестабилизирующих факторов на их параметры для условий распространения сигналов на участках линий СС «вверх», «вниз» в свободном пространстве и мешающих излучений земных станций позволяет произвести энергетический расчет пересекающихся зон обслуживания одновременно наблюдаемых СР, получить количественные

оценки показателей качества распознавания с учетом модификации обобщенного уравнения ретрансляции ТС при проявлении эффекта Доплера как функции скорости дрейфа спутника-ретранслятора, величины меняющейся частотной подставки ствола и координат точек наблюдения, оценок возможностей изменения параметров орбиты и конфигурации трактов ретрансляции применительно к различным значениям векторного параметра положения $\vec{\Pi}\{a,b,c\}$ СР.

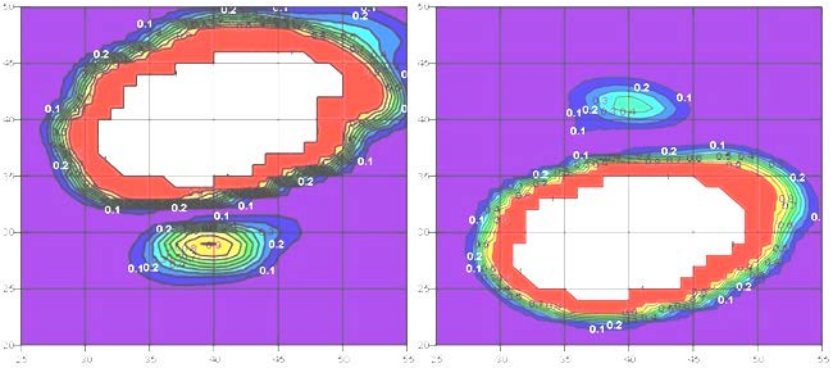


Рис. 2. Зоны достоверного распознавания одновременно наблюдаемых СР при учете пространственно-временного разноса

Список литературы

1. Регламент радиосвязи. Том 2 // МСЭ. – Женева, 2012. – 826 с.
2. Спутниковые системы связи и вещания. / Под ред. Ю.А. Подъездкова. М.: Радиотехника, 2015. 330 с.
3. Илларионов, Б.В. Моделирование зоны обслуживания одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов в интересах радиоконтроля / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев, А.С. Парфенов// Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXI Международной научно-методической конференции / под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж: ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – С. 343-349.
4. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. Минск: Вышэйшая школа, 1988. 369 с.
5. Илларионов, Б.В. Моделирование частотно-временных параметров тестовых сигналов при нестабильности орбиты контролируемого геостационарного спутника-ретранслятора / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев, Д.А. Червань // Телекоммуникации. – 2020. – № 6. – С. 8-13.
6. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника – М.: Сов.радио, 1966. – 680 с.

Применение информационных технологий в нефтедобывающей промышленности

С. А. Исламова, email: saniya.islamowa@yandex.ru
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@gmail.com

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева. Казанский авиационный институт

Аннотация. *В целях решения проблемы ухудшения качества ресурсной базы нефтедобывающей промышленности было решено использовать умные месторождения и различные способы контроля и анализа работы буровых установок и скважин. Благодаря разнообразию таких технологий для выполнения разноплановых задач, появилась возможность их объединения и максимальной автоматизации процесса. Эта и другие технические нововведения помогают облегчить работу нефтяников и увеличить добычу нефтегазовых ресурсов.*

Ключевые слова: *информационные технологии, динамограммы, нефтедобывающая промышленность, математические модели, автоматизация, интегрированное моделирование, симулятор.*

Введение

На данный момент одной из отраслей, существенно влияющих на развитие экономики в России, является нефтедобывающая промышленность. Многие российские нефтяные компании активно проявляют интерес к цифровым технологиям и стремятся в максимальной степени автоматизировать внутренние процессы. Внедрение новых технологий может позволить компаниям повысить коэффициент подтверждаемости извлекаемых запасов нефти посредством увеличения точности моделирования и прогнозирования, а приятным дополнением к этому будет ускоренный процесс адаптации технологий и снижение их стоимости.

В современных условиях цифровая деятельность для отечественных компаний становится одним из наиболее важных направлений повышения экономической безопасности, в связи, с чем и возникает необходимость всестороннего анализа цифровой активности, как государства, так и бизнес структур.

В качестве примера использования цифровых технологий можно привести возможность построения модели предсказания для параметров работы скважин. Чтобы принимать решения в процессе разработки

© Исламова С. А., Мокшин В. В., 2022

месторождения, нужна целостная модель всего месторождения – пример такой модели представлен на рис.1.

Всё начинается с сейсмической модели, она отображает под землей трехмерные поверхности – специфические слои, от которых хорошо отражаются сейсмические волны. Результатом исследования становится каротаж ГИС, то есть кривая определённой физической величины, измеренная с определённым шагом вдоль всего ствола скважины. Сейсмическая модель не позволяет точно определить, какой слой, на какой глубине расположен, но она показывает характер распространения и изгиба всех сразу слоёв, характер напластования.

На этапе дискретизации получается геологическая модель – трёхмерный изогнутый параллелепипед, разбитый на ячейки, который описывает структуру месторождения и несколько трёхмерных массивов свойств в этих ячейках. И наконец, на уровне экономической модели, экономисту предстоит рассчитать суммарный NPV от готового проекта разработки месторождения.

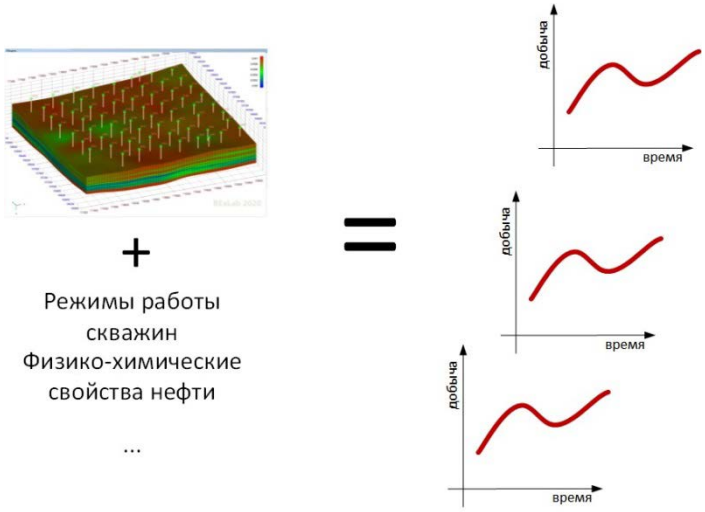


Рис. 1. Модель предсказания параметров работы скважины

1. Динамограммы

Динамометрирование, или построение устьевой (наземной) динамограммы является одним из самых эффективных способов контроля состояния штанговых глубинных насосов. Динамограмма показывает корреляцию нагрузки в точке подвеса штанг от положения полированного штока – она отражает наиболее точную картину о

состоянии глубинного оборудования, оценивает реальный дебит установки и анализирует, правильно ли выбран режим эксплуатации скважины.

Для построения динамограммы необходима информация о нагрузке скважины и перемещении стока – для получения такой информации используется датчик усилия, состоящий из упругого элемента в виде полого цилиндра и транзорезисторов, закрытых защитным кожухом.

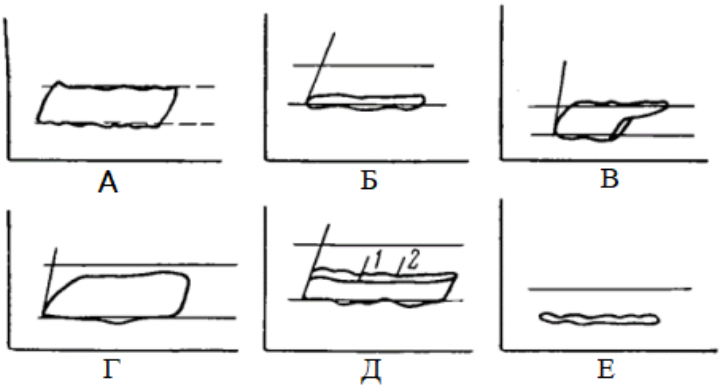
Все данные передаются по цифровым протоколам и линиям связи, минимально подверженным помехам. Далее специальное устройство формирует перечень динамограмм, анализирует их и отображает обобщенную информацию о состоянии оборудования и режиме работы.

При прорисовке динамограммы, соответствующей нормальной работе насоса – получается форма параллелограмма. Она будет построена только в том случае, когда насос полностью герметичен и исправен, цилиндр насоса полностью заполнен несжимаемой жидкостью, погружение насоса под динамический уровень равно нулю, в насосной установке не возникают динамические нагрузки, коэффициент наполнения насоса равен единице. Процесс разгрузки и нагрузки штанг изображается наклонными линиями. Горизонтальные линии отражают статическую нагрузку у точки подвеса при ходе вверх и вниз. Если бы при работе станка-качалки на происходило растяжения и сжатия штанг подвеса насоса, тогда теоретическая динамограмма имела бы вид прямоугольника.

Практическая динамограмма работы штангового насоса имеет значительные отличия от теоретический – так происходит из-за воздействия колебательных процессов и сил инерции в колонне штанг. В результате этого динамограмма оказывается сдвинута на определенный угол по часовой стрелке, и продольные колебания в колонне штанг провоцируют волнообразные изменения нагрузки на устьевой шток.

Практическая диаграмма указывает минимальную и максимальную нагрузки, позволяет определить длину хода штока, выявить повреждения и неполадки в работе установки штангового глубинного насоса и установить динамические процессы в колонне штанг. В процессе работы насосной установки возникают различные ошибки, которые приводят к спаду коэффициента подачи насоса и утечкам жидкости в насосе – вследствие этого нарушается нормальный процесс приложения нагрузки на устьевой сток. Каждый сбой в работе насоса характеризуется уникальной формой динамограммы, по которой можно определить характер нарушения без подъема насоса на поверхность.

На рис. 2 показаны некоторые типовые практические динамограммы, отражающие различные режимы работы насоса.



А – нормальная работа глубинного насоса, Б – выход из строя угла нагнетательного клапана, В – попадание газа в насос, Г – пропуски жидкости при ходе плунжера вверх, Д – утечка жидкости из труб, Е – обрыв или отвинчивание штанг

Рис. 2. Типовые практические динамограммы

2. Технология интегрированного моделирования

Процесс создания единой математической модели месторождения или интегрированное моделирование используется для максимально точного расчета параметров флюида пот его движении до точки сдачи продукции. Интегрированная модель месторождения служит для оптимизации работы система, с учетом компонентного взаимодействия друг на друга – она состоит из связанных моделей скважин, пласта и подробной модели поверхностного обустройства.

Суть интегрированной модели формата «пласт, скважина, сеть сбора» заключается в объединении отдельных математических моделей, состоящих из разных методик описания течения флюида, с разными уравнения и способами их решения. Многие программные инструменты для формирования интегрированной модели используют очевидную связь, при которой осуществляется последовательное решение уравнений модели пласта и сети сбора для сбалансированного результата.

В ходе процесса программа-интегратор предоставляет граничные условия из гидродинамической модели в модели скважин и сети сбора, а модель сети выполняет расчет на основе полученных данных. Если полученные результаты не выходят за рамки ранее обозначенных ограничений и полностью удовлетворяют заданному критерию точности

– то модели пласта и сети сбора считаются уравновешенными и расчет интегрированной модели переходит на следующий временной шаг.

В результате расчета добычи и режима работы скважины с учетом действия ограничений со стороны пласта и сети сбора продукции повышается точность прогнозирования.

В настоящее время для проектирования разработки месторождения применяется трехмерное гидродинамическое моделирование – оно учитывает сложное геологическое строение месторождения при расчетах физических процессов.

Схема разработанной интегрированной модели представлена на рис. 3. Для экономии ресурсов и ускорения работы все расчеты модели выполняются на удаленном сетевом кластере. В качестве связующего звена между элементами интегрированной модели используется пакет для расчета интегрированных моделей Resolve компании PetroleumExperts.

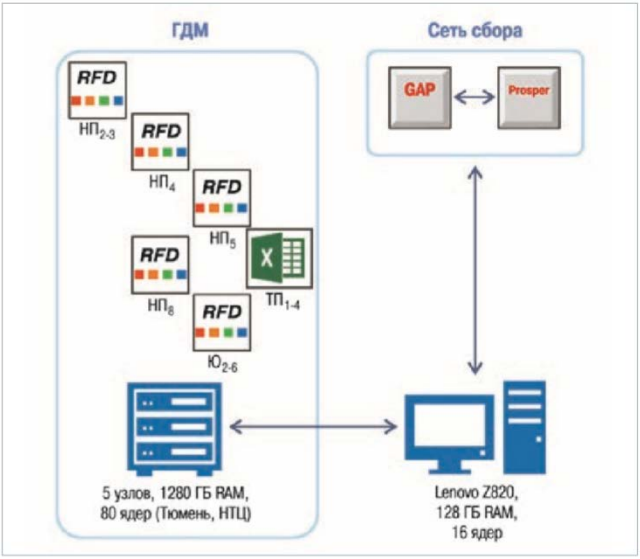


Рис. 3. Схема разработанной интегрированной модели

Программа-интегратор производит расчеты с применением определенных стратегий, позволяет установить режим контроля добычи скважиной, регулировать конфигурацию сети сбора и параметров субъектов (диаметр штуцера, давление на входе в системе сбора

продукции, параметры работы глубиннонасосного и наземного оборудования и др.).

На первом этапе происходит сравнение расчета интегрированной модели с результатами расчетов гидродинамических моделей, выполненных с учетом тех же условий и выявляются факторы, влияющие на отклонение добычи. Как видно из рис. 4, введение дополнительных условий уже на начальном этапе расчетов интегрированной модели приводит к изменению профиля добычи нефти на 5 %.

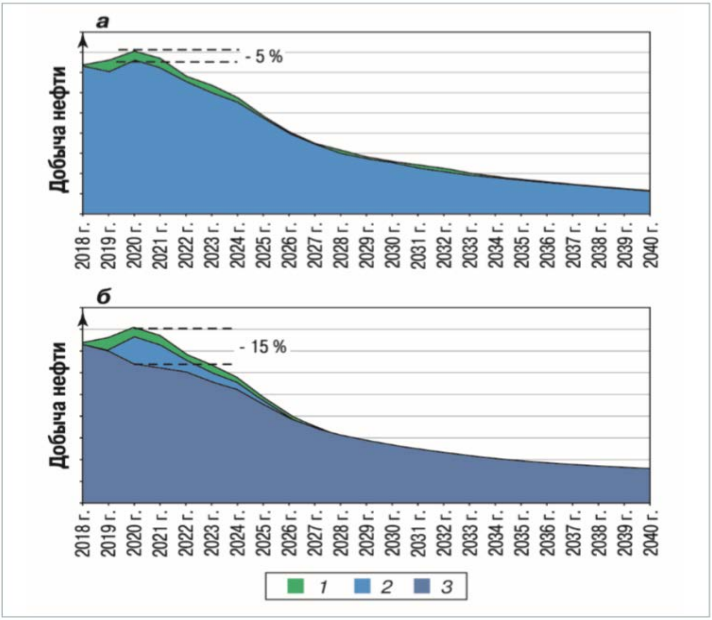


Рис. 4. График изменения профиля добычи нефти

3. Симулятор разрыва гидропласты

Гидравлический разрыв пласты (ГРП) – одна из важнейших операций, проводимых на скважинах. Принцип гидроразрыва пласты заключается в следующем: в скважину закачивают специальную жидкость под большим давлением, в следствие чего разрывается пласт, раздвигая слои породы. Далее, вместе с жидкостью, начинается подаваться пропант, он заполняет пласт и образуется проницаемая область, соединенная со скважиной.

Низкопроницаемые месторождения бесполезно бурить обычными скважинами: проницаемость мала, и к маленькому стволу скважины

нефть поступает очень медленно и в малом количестве. ГРП образует обширную трещину с большой площадью стенок, тщательно соединенную со скважиной. Чтобы повторно увеличить площадь, с которой собирается нефть, скважины бурят горизонтально, и проводят ГРП несколько раз – в разных местах горизонтального ствола.

Чтобы избежать неверного направления трещин, застревания пропанта на входе в трещину, потери контакта между пропантом и стволом скважины – используется моделирование ГРП. Данный процесс выполняется посредством использования специализированного программного обеспечения под названием «симулятор ГРП», который использует численную физико-математическую модель развития трещины. Пример такой модели изображен на рис. 5.

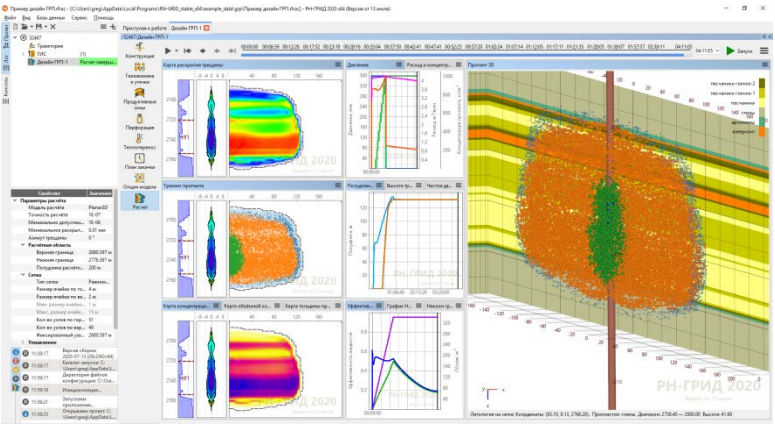


Рис. 5. Физико-математическая модель развития трещины

4. Графики

Все аппаратное обеспечение, используемое во время операции с гибкой трубой или операции гидроразрыва пласты наполнено датчиками. Все полученные с них данные записываются в базу данных или специальный файл. После окончания выполнения операций файл с данными импортируется и анализируется инженерами – именно по полученным схемам, графикам и диаграммам определяются ошибки и неполадки в работе скважин.

Например, посмотрев график, изображенный на рис. 6. инженер может выделить следующие процессы: в точке 1 началась закачка, и забойное давление (давление внизу скважины) начинает резко расти с точки 2 до точки 3, пока, наконец, при давлении 380 атмосфер не открывается трещина гидроразрыва. При этом, давление внизу у

скважины так и останется практически постоянным, пока трещина будет расти вплоть до точки 11. Когда трещина открывается при 380 атмосферах, на поверхности манометр показывает более 500 атмосфер в точке 4. Давление в трещине остаётся почти постоянным, а на поверхности показания манометра падают из точки 4 в точку 5.

Для более подробной картины инженер измерит наклон линии от точки 4 к точке 5, и получит таким образом отношение коэффициентов трения у жидкости, которая была в скважине и которая туда поступает. В точке 6 начинает подаваться пропант, а в точке 7 начинают падать показания манометра на поверхности – это столб жидкости в скважине из-за пропанта становится тяжелее. В точке 8 до точки 9 в скважину добавили понизитель трения, чтобы пропант не слишком сильно тормозился о стенки трубы. В точке 10 перестали подавать пропант, он перестал под своим весом «проваливаться» в скважину, и поэтому сильнее приходится давлением его продавливать в трещину, устьевое давление возрастает до точки 11.

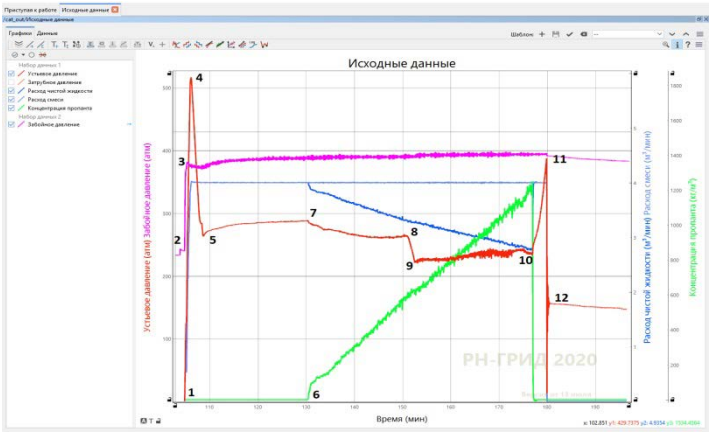


Рис. 6. Записанная операция гидроразрыва пласта

Все эти графики позволяют инженеру выстроить детальную картину процессов, происходящих на глубине и качественно оценить множественные показатели.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные информационные технологии, позволяющие мировым нефтяным компаниям моделировать процессы работы установок, находить и анализировать ошибки в работе удаленно. Благодаря использованию таких технологий появляется

возможность увеличивать коэффициент подтверждения рентабельности извлекаемых запасов нефти.

Список литературы

1. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной система / В. В. Мокшин, И. М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – №5. – С. 46-51.

2. Власов, А. И. Обзор технологий: от цифрового к интеллектуальному месторождению / А. И. Власов, А. Ф. Можчиль // PROНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2018. – № 3(9). – С. 68-74.

3. Рекурсивно-регрессионная модель самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / В. В. Мокшин [и др.] // Нелинейный мир. – 2009. – Т. 7. – № 1. – С. 66-76.

4. IT в нефтегазовой промышленности / Жаров А.Д. [и др.] // Проблемы науки. – 2018. – № 1(25). – С. 27-29.

5. Engineering Россия [Электронный ресурс] : «Умные» технологии в нефтегазовой отрасли. – Режим доступа : https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/umny-e-tehnologii-v-neftegazovoj-otrasli/

6. DisserCat – электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : Диагностика и контроль состояния скважинной штанговой насосной установки на основе динамометрирования и нейросетевых технологий. – Режим доступа : https://www.dissercat.com/content/diagnostika-i-kontrol-sostoyaniya-skvazhinnoi-shtangovoi-nasosnoi-ustanovki-na-osnove-dinamo/read

7. DisserCat – электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : Устойчивость и колебания буровых установок. – Режим доступа : https://www.dissercat.com/content/ustoichivost-i-kolebaniya-burovykh-ustanovok/read

8. DisserCat – электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : Информационно-измерительная система динамометрирования скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами. – Режим доступа : https://www.dissercat.com/content/informatsionno-izmeritelnaya-sistema-dinamometrirovaniya-skvazhin-oborudovannykh-shtangovymi/read

Оценка точности и достоверности измерения электрофизических параметров анизотропных материалов и покрытий методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
Д. П. Федюнин, email: jr.fedyunin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1969@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлена имитационная модель, позволяющая оценивать точность измерения локальных значений компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости образцов анизотропных диэлектрических покрытий на металлической подложке с помощью радиальных поверхностных электромагнитных волн. Модель реализована на основе системы электродинамического моделирования CST Microwave studio и системы Matlab. Приведены результаты моделирования по измерению параметров диэлектрического покрытия с одноосной анизотропией на металлической подложке.*

Ключевые слова: *анизотропное диэлектрическое покрытие, имитационная модель, радиальная поверхностная электромагнитная волна, тензор диэлектрической проницаемости, обратная задача*

Введение

В связи с практическими потребностями в новых материалах и создаваемых на их основе покрытиях, работающих в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ), во многих наукоемких сферах, в том числе микроэлектронной, аэрокосмической, машиностроительной и др., появляется много новых типов композиционных материалов с широким спектром значений комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей и с различной внутренней структурой [1–4].

Одним из способов создания тонких, легких и работающих в широкой полосе частот материалов и покрытий, является реализация их в виде неоднородных композиционных структур, которые состоят из полимерной основы (матрицы) и соответствующего наполнителя. Для СВЧ-покрытий в роли наполнителя могут выступать [1–4] стекловолокно, ткани из полиэфирных волокон и т.д., а для

© Казьмин А. И., Федюнин Д. П., Федюнин П. А., 2022

радиопоглощающих покрытий используются [4] углеродные нанотрубки, проводящие частицы нанометрового размера и др.

В качестве основного аспекта применения подобных материалов и покрытий на практике выступает получение объективных данных по их электрофизическим и геометрическим параметрам (ЭФГП).

Учитывая отличие свойств диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий, и, соответственно, различные подходы к измерению их ЭФГП, в данной статье основное внимание будет уделено СВЧ диэлектрическим покрытиям (ДП) на основе неоднородных композиционных структур. ДП данного типа могут обладать анизотропией диэлектрической проницаемости, которая в общем случае описывается тензором диагонального вида:

$$\dot{\bar{\bar{\varepsilon}}} = \begin{bmatrix} \dot{\varepsilon}_{\|x} & 0 & 0 \\ 0 & \dot{\varepsilon}_{\perp y} & 0 \\ 0 & 0 & \dot{\varepsilon}_{\|z} \end{bmatrix}, \qquad (1)$$

где $\dot{\varepsilon}_{\|x} = \varepsilon'_{\|x} - j\varepsilon''_{\|x}$ и $\dot{\varepsilon}_{\|z} = \varepsilon'_{\|z} - j\varepsilon''_{\|z}$ – тангенциальные составляющие тензора комплексной диэлектрической проницаемости (в плоскости покрытия), $\dot{\varepsilon}_{\perp y} = \varepsilon'_{\perp y} - j\varepsilon''_{\perp y}$ – нормальная составляющая тензора комплексной диэлектрической проницаемости.

Величину анизотропии компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости (1) целесообразно характеризовать коэффициентами анизотропии [1]: две пары коэффициентов, характеризующих отличие между собой тангенциальных ($\varepsilon'_{\|x}, \varepsilon''_{\|x}, \varepsilon'_{\|z}, \varepsilon''_{\|z}$) и нормальной ($\varepsilon'_{\perp y}, \varepsilon''_{\perp y}$) компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости (1) – $\vartheta^{xy}_{\varepsilon'}$, $\vartheta^{xy}_{\varepsilon''}$, $\vartheta^{zy}_{\varepsilon'}$, $\vartheta^{zy}_{\varepsilon''}$, и пара коэффициентов, характеризующих различие тангенциальных составляющих ($\varepsilon'_{\|x}, \varepsilon''_{\|x}$ и $\varepsilon'_{\|z}, \varepsilon''_{\|z}$) – $\vartheta^{xz}_{\varepsilon'}$, $\vartheta^{xz}_{\varepsilon''}$:

$$\vartheta^{xy}_{\varepsilon'} = \left|1 - \frac{\varepsilon'_{\|x}}{\varepsilon'_{\perp y}}\right|; \vartheta^{xy}_{\varepsilon''} = \left|1 - \frac{\varepsilon''_{\|x}}{\varepsilon''_{\perp y}}\right|; \vartheta^{zy}_{\varepsilon'} = \left|1 - \frac{\varepsilon'_{\|z}}{\varepsilon'_{\perp y}}\right|; \vartheta^{zy}_{\varepsilon''} = \left|1 - \frac{\varepsilon''_{\|z}}{\varepsilon''_{\perp y}}\right|;$$
$$\vartheta^{xz}_{\varepsilon'} = \left|1 - \frac{\varepsilon'_{\|z}}{\varepsilon'_{\perp x}}\right|; \vartheta^{xy}_{\varepsilon'} = \left|1 - \frac{\varepsilon''_{\|z}}{\varepsilon'_{\perp x}}\right|; \qquad (2)$$

Рассмотрим наиболее сложный случай двухосной анизотропии, при этом $\dot{\varepsilon}_{||x} \neq \dot{\varepsilon}_{\perp y} \neq \dot{\varepsilon}_{||z}$.

Для измерения компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости (1) используется ряд СВЧ-методов контроля: резонаторные методы, методы закрытой линии передачи (волноводные и коаксиальные), методы коаксиального пробника, а также методы свободного пространства [1–4].

Между тем, несмотря на широкое распространение данных методов, вопросы разработки электродинамических моделей совместных измерений компонент тензора диэлектрической проницаемости (1) и толщины анизотропных ДП проработаны недостаточно.

В [1] развит многочастотный метод контроля ЭФП многослойных материалов и покрытий с использованием поверхностных электромагнитных (ПЭМВ) СВЧ диапазона.

Цель статьи – развитие многочастотного метода ПЭМВ для контроля диэлектрической проницаемости (компонент тензора диэлектрической проницаемости) и толщины анизотропных диэлектрических материалов и покрытий.

1. Метод радиальных поверхностных электромагнитных волн

Геометрия задачи определения анизотропных ДП с помощью радиальных ПЭМВ приведена на рис. 1.

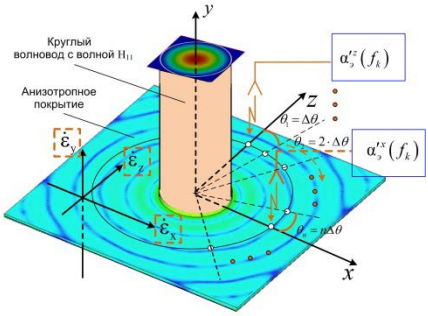


Рис. 1. Геометрия исследуемой задачи

С учетом подходов приведенных в [1], метод оценки вектора ЭФГП анизотропных ДП $\hat{\xi}_n = \left\{\varepsilon'_{\|x}, \varepsilon''_{\|x}, \varepsilon'_{\perp y}, \varepsilon''_{\perp y}, \varepsilon'_{\|z}, \varepsilon''_{\|z}, t_n\right\}$, где $\varepsilon'_{\|x}, \varepsilon'_{\perp y}, \varepsilon'_{\|z}$ действительные и $\varepsilon''_{\|x}, \varepsilon''_{\perp y}, \varepsilon''_{\|z}$ мнимые части компонент тензора $\dddot{\varepsilon}$ диэлектрической проницаемости, соответственно, $t_{\text{п}}$ – толщина покрытия сводится к минимизации целевой функции $Z(\xi_n, \varphi_\alpha^x, \varphi_\alpha^z)$, построенной как невязка между вектор-столбцами полученных

экспериментально $\mathbf{A}_э$ и теоретических $\mathbf{A}_m$ значений коэффициентов ослабления (КО) поля ПЭМВ:

$$\hat{\xi}_n = arg \min_{\xi_n, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z} \left\{ Z(\xi_n, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z) \right\}, \tag{3}$$

$$Z(\xi_n, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z) = \frac{1}{L} \left| \mathbf{A}_э - \mathbf{A}_m \right|^2, \tag{4}$$

где $\mathbf{A}_э$ и $\mathbf{A}_m$ – вектор-столбцы, со следующими компонентами:

$$\mathbf{A}_э = \Big[\alpha'^x_э(f_k) - j\alpha''^x_э(f_k, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x), ..., \alpha'^x_э(f_K) - j\alpha''^x_э(f_K, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x),$$
$$\alpha'^z_э(f_k) - j\alpha''^z_э(f_k, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z), ..., \alpha'^z_э(f_K) - j\alpha''^z_э(f_K, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z) \Big]^T; \tag{5}$$
$$\mathbf{A}_m = \Big[\dot{\alpha}^x_m(f_k, \xi_n), ..., \dot{\alpha}^x_m(f_K, \xi_n), \dot{\alpha}^z_m(f_k, \xi_n), ..., \dot{\alpha}^z_m(f_K, \xi_n) \Big]^T,$$

где $\alpha'^x_э(f_k) - j\alpha''^x_э(f_k, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^x)$ и $\alpha'^z_э(f_k) - j\alpha''^z_э(f_k, \boldsymbol{\varphi}_\alpha^z)$ – экспериментальные КО поля ПЭМВ по осям поперечной анизотропии x и z, соответственно, $\boldsymbol{\varphi}_\alpha^x = \left\{ a_{n-i}^x \right\}$, $\boldsymbol{\varphi}_\alpha^x = \left\{ a_{n-i}^z \right\}$ – параметры регрессии функциональной зависимости мнимой части КО, $i = 0,...,n$; $\dot{\alpha}^x_m(f_k, \xi_n)$ и $\dot{\alpha}^z_m(f_k, \xi_n)$ – теоретические КО поля ПЭМВ по осям поперечной анизотропии x и z, соответственно, $k = 1,2,...,K$.

Теоретические значения комплексных КО для каждой из поперечных осей анизотропии $\dot{\alpha}^x_m(f, \xi_n)$ и $\dot{\alpha}^z_m(f, \xi_n)$ ПЭМВ рассматриваемого анизотропного РПМ получали путем решения дисперсионных уравнений на частотах f_k, $k = 1,2,...,K$:

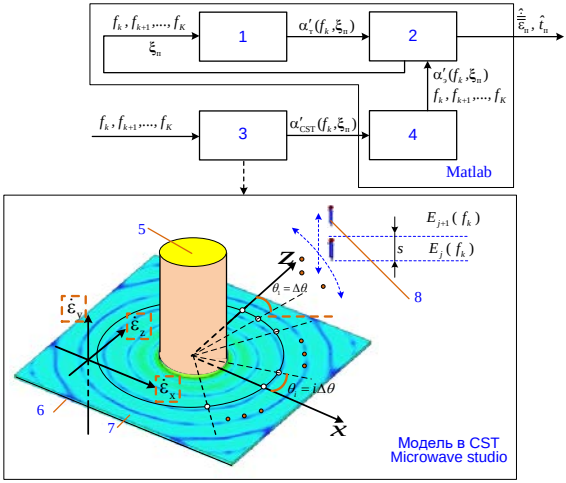
$$D\left[\dot{\alpha}^{xy}(f, \xi_n); f_k \right] = 0; \; D\left[\dot{\alpha}^{zy}(f, \xi_n); f_k \right] = 0. \tag{6}$$

Дисперсионные уравнения (3) составляли, используя согласно [1], метод «поперечного резонанса».

2. Имитационная модель измерений анизотропных диэлектрических покрытий

Для более гибкой оценки точности и достоверности определения ЭФГП анизотропных ДП разработана имитационная модель реального измерительного комплекса [1]. Модель реализована в системах CST Microwave studio и Matlab. Структурная схема имитационной модели приведена на рис. 2, где обозначено: 1 – блок решения прямой задачи, 2 –

блок минимизации целевой функции, 3 – блок формирования КО в системе CST Microwave studio, 4 – блок формирования погрешностей измерений КО, 5 – антенная возбуждения радиальных ПЭМВ (круглый волновод), 6 – металлическая подложка, 7 – исследуемый образец анизотропного ДП, 8 – приемная антенна (измерительный зонд).



1 – блок решения прямой задачи, 2 – блок минимизации целевой функции, 3 – блок формирования КО в системе CST Microwave studio, 4 – блок формирования погрешностей измерений КО, 5 – антенная возбуждения радиальных ПЭМВ (круглый волновод), 6 – металлическая подложка, 7 – исследуемый образец анизотропного ДП, 8 – приемная антенна (измерительный зонд).

Рис. 2. Имитационная модель измерений

Такие элементы измерительного комплекса, как антенна возбуждения радиальных ПЭМВ 5, приёмная антенна (измерительный зонд) 8, а также исследуемое анизотропное ДП 7 на металлической подложке 6, реализованы в блоке формирования КО в системе CST Microwave studio. Геометрические размеры данных элементов точно соответствуют их размерам в реальном измерительном комплексе.

Экспериментальные значения КО в имитационной модели (см. рис. 2) формировали в блоке формирования погрешностей измерений КО 4 в виде суммы значений модельных КО $\alpha_{CST}(f_k,\xi_п)$ и функции, имитирующей влияние шума. На точность определения коэффициентов ослабления ПЭМВ влияет множество случайных факторов. Поэтому

погрешность оценки указанных коэффициентов моделировалась аддитивным некоррелированным гауссовым шумом с нулевым математическим ожиданием $m[n(f_k)]=0$ и заданным уровнем дисперсии σ_k^2 [1].

Таким образом, экспериментальные значения КО ПЭМВ $\alpha'_э(f_k,\xi_n)$ в блоке 4 (см. рис. 2) формировали на основе выражения [1]:

$$\alpha'_э(f_k,\xi_n)=\alpha'_{CST}(f_k,\xi_n)+n(f_k),\ k=1,2,...,K, \qquad (7)$$

где $n(f_k)$ – шум, воздействующий на k-измерение и обусловленный инструментальными погрешностями измерительного комплекса и другими погрешностями при проведении эксперимента.

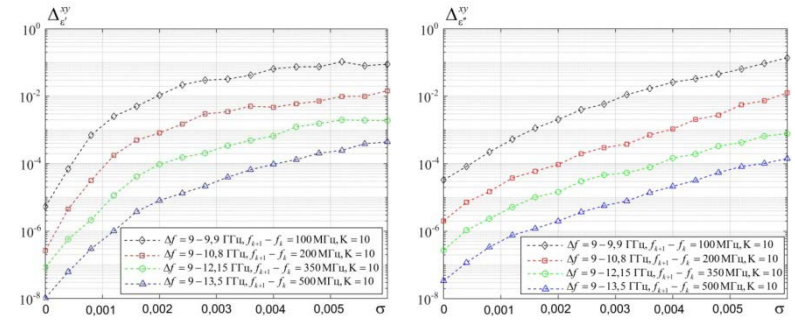
Блок решения прямой задачи 1 реализует решение дисперсионных уравнений (5), а блок минимизации целевой функции 2 реализует операцию минимизации целевой функции (3). Данные блоки реализованы в системе Matlab.

3. Результаты и их обсуждение

Для моделирования экспериментальных КО $\alpha^x_э(f_k,\xi^x_n)$ к теоретическим значениям $\alpha^x_m(f_k,\xi^x_n)$, на основе модели (6), был добавлен аддитивный некоррелированный гауссовский шум со средним квадратическим отклонением (СКО) $\sigma(\alpha'^x_m(f_k,\xi^x_n))=\sqrt{N_0/2}$.

На рис. 3 приведены зависимости средних квадратов ошибок $\Delta^{xy}_{\varepsilon'}$ и $\Delta^{xy}_{\varepsilon''}$ оценки коэффициентов $\vartheta^{xy}_{\varepsilon'}$ и $\vartheta^{xy}_{\varepsilon''}$ при возрастании значений СКО уровня шума, при измерениях коэффициента ослабления на 10-ти частотах, при увеличении ширины полосы частот измерений: $\Delta f_1=9-9{,}9\ ГГц$ ($f_{k+1}-f_k=100\ МГц$), $\Delta f_2=9-10{,}8\ ГГц$ ($f_{k+1}-f_k=200\ МГц$), $\Delta f_3=9-12{,}15\ ГГц$ ($f_{k+1}-f_k=350\ МГц$) и $\Delta f_4=9-13{,}5\ ГГц$ ($f_{k+1}-f_k=500\ МГц$).

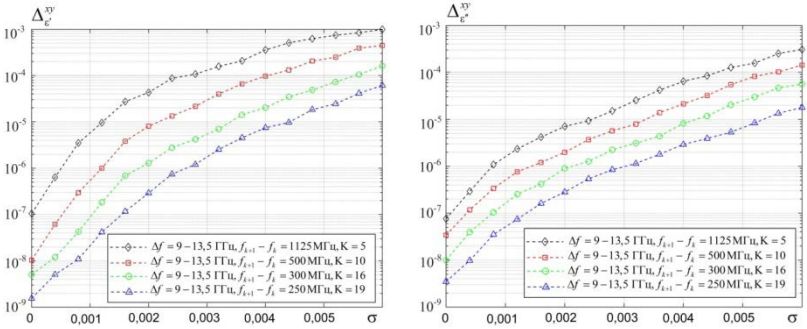
На рис. 4 приведены зависимости средних квадратов ошибок $\Delta^{xy}_{\varepsilon'}$ и $\Delta^{xy}_{\varepsilon''}$ оценки коэффициентов анизотропии $\vartheta^{xy}_{\varepsilon'}$ и $\vartheta^{xy}_{\varepsilon''}$ при возрастании значений СКО уровня шума, при фиксированной ширине полосе частот измерений $\Delta f=9-13{,}5\ ГГц$, при увеличении количества частот измерений: $K_1=5$, $K_2=10$, $K_3=16$, $K_4=19$.



а) б)

а) – коэффициент $\vartheta_{\varepsilon'}^{xy}$, *б) – коэффициент* $\vartheta_{\varepsilon''}^{xy}$,

Рис. 3. Зависимости средних квадратов ошибок оценки коэффициентов $\vartheta_{\varepsilon'}^{xy}$ и $\vartheta_{\varepsilon''}^{xy}$ при возрастании значений СКО уровня шума, при увеличении ширины полосы частот измерений



а) б)

а) – коэффициент $\vartheta_{\varepsilon'}^{xy}$, *б) – коэффициент* $\vartheta_{\varepsilon''}^{xy}$

Рис. 4. Зависимости средних квадратов ошибок оценки коэффициентов $\vartheta_{\varepsilon'}^{xy}$ и $\vartheta_{\varepsilon''}^{xy}$ при возрастании значений СКО уровня шума, при увеличении количества частот измерений

Анализ зависимостей рис. 3 и 4 показывает, что средние квадраты ошибок $\Delta_{\varepsilon'}^{xy}$ и $\Delta_{\varepsilon''}^{xy}$ оценки величин коэффициентов анизотропии $\vartheta_{\varepsilon'}^{xy}$ и

$\vartheta_{\varepsilon''}^{xy}$ увеличиваются при возрастании СКО уровня шума, уменьшении ширины полосы частот измерений и количества частот измерений.

В целом, относительная погрешность оценок коэффициентов анизотропии, при ширине полосы частот измерений $\Delta f = 9 - 13{,}5\,ГГц$ и СКО уровня шума 0,002–0,003 не превышает 10 %, при доверительной вероятности 0,95. Погрешности оценок толщины при этом не превышают 5 % вплоть до значения СКО уровня шума 0,006.

Заключение

Представлены результаты исследования, показавшие высокую эффективность определения значений компонентов тензора комплексной диэлектрической проницаемости, а также толщины анизотропных ДП на металлической подложке, с использованием радиальных ПЭМВ СВЧ-диапазона, возбуждаемых в исследуемом образце. Для оценки потенциальных точностных характеристик приведенных подходов разработана имитационная модель реального измерительного комплекса, реализованная на основе системы электродинамического моделирования CST Microwave Studio и системы Matlab. Численные эксперименты на имитационной модели показали, что разработанный метод в полосе частот измерений 9–13,5 ГГц обеспечивает оценку коэффициентов анизотропии ДП с погрешностью не более 10 % с доверительной вероятностью 0,95.

Список литературы

1. Казьмин А.И. Контроль диэлектрической проницаемости и толщины анизотропных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин, Д.П. Федюнин // Дефектоскопия. – 2021. – № 6. – С. 57–72.

2. Казанцева Н.Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н.Е. Казанцева, Н.Г. Рывкина, И.А. Чмутин // Радиотехника и электроника. 2003. – Т. 48. – №2. – С. 196–207.

3. Plamen I. Dankov Experimental Characterization of Positive and Negative Dielectric Constants and Artificial Anisotropy of Meta-materials in the Microwave Range / Plamen I. Dankov // J. Phys.: Conf. Ser. – 2020. – V. 1598 (012002).

4. Lagarkov A.N. Dielectric properties of fiber-filled composites / A.N. Lagarkov, S.M. Matytsin, K.N. Rozanov, A.K. Sarychev // Journal of Applied Physics. – 1998. – vol. – 84. – № 7. – pp. 3806–3814.

Оценка точности измерения электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1969@yandex.ru
В. А. Манин, email: fanni.05@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлена имитационная модель, позволяющая оценивать точность измерения локальных значений электрофизических и геометрических параметров плоскослоистых образцов метаматериалов на основе прямоугольных SRR-элементов на металлической подложке методом поверхностных электромагнитных волн. Имитационная модель на основе системы электродинамического моделирования CST Microwave studio и системы Matlab. Приведены результаты имитационного моделирования по измерению параметров метаматериала на основе SRR-элементов с областью отрицательной рефракции в диапазоне частот 10,06–10,64 ГГц.*

Ключевые слова: *метаматериал, имитационная модель, поверхностная электромагнитная волна, электрофизические параметры, обратная задача*

Введение

Метаматериалы (ММ) благодаря своим уникальным свойствам (электрофизическим, радиофизическими и оптическим), которые не встречаются в природных условиях, нашли применение и открывают широкие перспективы по их применению в будущем в различных областях науки и техники [1-6].

Вместе с тенденцией развития ММ различных типов возрастают и требования по точности и достоверности к методам и устройствам измерения их электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП), к важнейшим из которых относятся частотные зависимости комплексных диэлектрической $\dot{\varepsilon}_{мм}(f)$ и магнитной $\dot{\mu}_{мм}(f)$ проницаемостей, а также толщина ММ $t_{мм}$.

© Казьмин А. И., Федюнин П. А., Манин В. А., 2022

Количество публикаций по тематике определения ЭФГП ММ постоянно растет [1–4]. Между тем, в представленных работах вопросы, касающиеся развития методов измерения ЭФГП ММ с учетом размещения их на металлической подложке при одностороннем подходе практически отсутствуют. При этом, следует отметить, что размещение ММ на металлической подложке очень часто используется в различных областях (подложки для СВЧ-плат и антенн, использование ММ в качестве радиопоглощающего покрытия и др.).

С учетом размещения ММ на металлической подложке его ЭФГП начинают меняться и могут возникать новые резонансы в частотных зависимостях комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей. Исходя из этого, для их оценки требуются методы, обеспечивающие односторонний подход при измерениях. Методы свободного пространства, основанные на одновременном измерении комплексных коэффициентов отражения $\dot{R}$ и прохождения $\dot{T}$ электромагнитных волн, фактически оказываются непригодными для контроля ЭФГП метаматериалов, нанесенных на металлическую подложку.

В данной статье будет рассмотрен новый метод определения ЭФГП метаматериалов на металлической подложке и оценка его точностных характеристик путем численного моделирования с помощью имитационной модели.

1. Оценка ЭФГП метаматериалов с помощью поверхностных электромагнитных волн

В [5] развит подход к измерению ЭФГП ММ с помощью поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ) СВЧ диапазона. Основным информативным параметром ПЭМВ, используемым для проведения измерений ЭФГП выступает поперечное волновое число, характеризующее распределение поля ПЭМВ в свободном пространстве по нормали к поверхности покрытия – комплексный коэффициент ослабления (КО) поля ПЭМВ $\dot{\alpha}(f_k,\xi_{мм})=\alpha'(f_k,\xi_{мм})-j\alpha''(f_k,\xi_{мм})$, где $\alpha'(f_k,\xi_{мм})$ – действительная часть КО ПЭМВ – коэффициент характеризующий экспоненциальное ослабление поля ПЭМВ по нормали к поверхности ММ; $\alpha''(f_k,\xi_{мм})$ – мнимая часть КО ПЭМВ – коэффициент характеризующий фазовый набег для ПЭМВ, распространяющейся по направлению к поверхности раздела «ММ-свободное пространство», $\xi_{мм}=\{\varepsilon'_{мм}(f_k),\varepsilon''_{мм}(f_k),\mu'_{мм}(f_k),\mu''_{мм}(f_k),t_{мм}\}$ – вектор ЭФГП ММ, где $\varepsilon'_{мм}(f_k),\mu'_{мм}(f_k)$ действительные и $\varepsilon''_{мм}(f_k),\mu''_{мм}(f_k)$ мнимые части диэлектрической и магнитной

проницаемостей ММ соответственно, $t_{мм}$ – толщина ММ. Действительную часть КО $\alpha'(f_k,\xi_{\text{мм}})$, можно определить по результатам косвенных измерений напряженности электрического поля ПЭМВ по нормали к поверхности ММ в разнесенных точках измерений методом зонда:

$$\alpha'(f_k,\xi_{мм}) = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}\frac{1}{s}\ln\left[\frac{\mathrm{E}_j}{\mathrm{E}_{j+1}}\right]\Phi \qquad (1)$$

где E_j и E_{j+1} – значения напряженности электрического поля ПЭМВ измеренные по нормали к поверхности ММ в точках измерений y и $y+s$, s – расстояние между точками измерений, J – количество точек измерения.

В общем случае для определения ЭФГП ММ требуется оценить КО в заданной полосе частот на сетке дискретных частот, т.е. получить частотную характеристику КО поля ПЭМВ $\alpha'(f_k,\xi_{\text{мм}})$, f_k, $k=1,2,...,K$. Исходя из этого, в формализованном виде задача определению вектора ЭФГП ММ по измеренной частотной зависимости КО поля ПЭМВ $\alpha'(f_k,\xi_{\text{п}})$ сводится к решению операторного уравнения первого рода [5]:

$$\Theta_{мм}\cdot\xi_{мм} = \dot{\alpha}(f_k,\xi_{мм}),\ \xi_{мм}\in\Xi_{мм},\ \dot{\alpha}(f_k,\xi_{мм})\in\mathbf{A}_{мм} \qquad (2)$$

где $\Xi_{мм}$ – метрическое пространство векторов $\xi_{мм}$ для ММ, $\mathbf{A}_{мм}$ – метрическое пространство КО поля ПЭМВ для ММ; $\Theta_{мм}$ – нелинейный оператор для ММ, осуществляющий преобразование множества значений вектора $\xi_{мм}$ в множество значений КО поля ПЭМВ $\dot{\alpha}(f_k,\xi_{мм})$

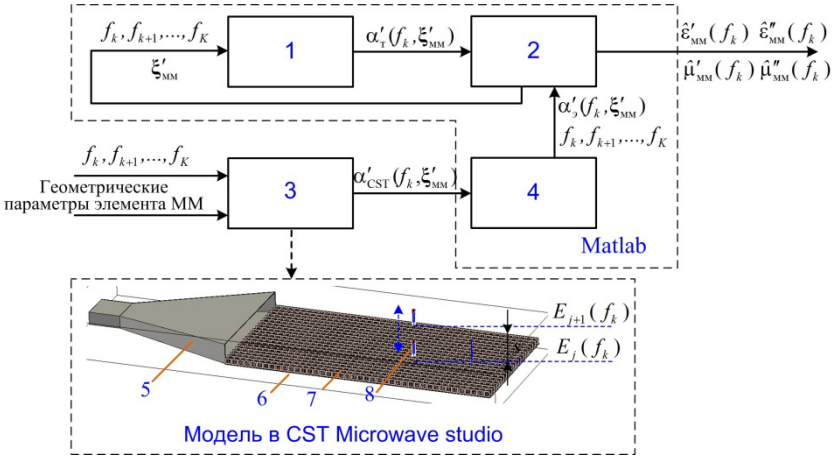
.

Вывод в явном виде уравнения (2) и порядок его решения приведен в [5].

2. Имитационная модель измерений ЭФГП метаматериалов

Для более гибкой оценки точности и достоверности определения ЭФГП различных типов ММ разработана имитационная модель реального измерительного комплекса [5]. Структурная схема имитационной модели приведена на рис. 2, где обозначено: 1 – блок решения прямой задачи, 2 – блок решения операторного уравнения, 3 – блок формирования КО в системе CST Microwave studio, 4 – блок формирования погрешностей измерений КО, 5 – антенна возбуждения ПЭМВ, 6 – металлическая подложка, 7 – исследуемый образец ММ, 8 – приемная антенна (измерительный зонд).

Такие элементы измерительного комплекса, как антенна возбуждения ПЭМВ 5, приёмная антенна (измерительный зонд) 8, а также исследуемый ММ 7 на металлической подложке 6, реализованы в блоке формирования КО в системе CST Microwave studio. Геометрические размеры данных элементов точно соответствуют их размерам в реальном измерительном комплексе. Для оценки адекватности разработанной модели проведено сравнение модельных КО ПЭМВ стандартного образца полиметилметакрилата ($\dot{\varepsilon} \approx 2{,}7 - j0{,}081$) размером 200×100 мм толщиной 1 мм $\alpha'_{CST}(f_k, \xi_{мм})$ с теоретическими КО $\alpha'_m(f_k, \xi_{мм})$ найденными при решении операторного уравнения (2), а также с экспериментальными КО $\alpha'_э(f_k, \xi_{мм})$, измеренными на реальном измерительном комплексе [5].



1 – блок решения прямой задачи, 2 – блок решения операторного уравнения, 3 – блок формирования КО в системе CST Microwave studio; 4 – блок формирования погрешностей измерений КО, 5 – антенна возбуждения ПЭМВ, 6 – металлическая подложка, 7 – исследуемый образец ММ, 8 – приемная антенна (измерительный зонд)

Рис. 1. Имитационная модель измерений

Отличие модельных КО от теоретических составляет не более 0,05–0,08 %. Относительные погрешности оценки диэлектрической проницаемости и толщины полиметилметакрилата, полученные путём решения операторного уравнения (2) по частотной зависимости КО $\alpha'_{CST}(f_k, \xi_{мм})$ составляют не более 0,02–0,05 %. Таким образом,

разработанная в CST Microwave studio модель обеспечивает получение КО ПЭМВ с минимальной методической погрешностью, т. е. КО практически соответствуют теоретическим значениям $\dot{\alpha}_m(f_k,\xi_{мм})$. Кроме того, при решении обратной задачи (2) оценки ЭФГП получены с минимальными погрешностями. Отличие экспериментальных КО $\dot{\alpha}_э(f_k,\xi_{мм})$ от модельных значений составляет не более 5–6 % и обусловлено влиянием шумов (инструментальные погрешности измерительного комплекса и другие погрешности, связанные с процессом эксперимента). Экспериментальные относительные погрешности оценки действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости, а также толщины составляют не более 6–7 и 4–5 % соответственно. Экспериментальные значения КО в имитационной модели (см. рис. 1) формировали в блоке формирования погрешностей измерений КО 4 в виде суммы значений модельных КО $\alpha'_{CST}(f_k,\xi_{мм})$ и функции, имитирующей влияние шума. На точность определения коэффициентов ослабления ПЭМВ влияет множество случайных факторов. Поэтому погрешность оценки указанных коэффициентов моделировалась аддитивным некоррелированным гауссовым шумом с нулевым математическим ожиданием $m[n(f_k)]=0$ и заданным уровнем дисперсии σ_k^2 [5].

Таким образом, экспериментальные значения КО ПЭМВ $\dot{\alpha}_э(f_k,\xi_{мм})$ в блоке 4 (см. рис. 1) формировали на основе выражения [5]:

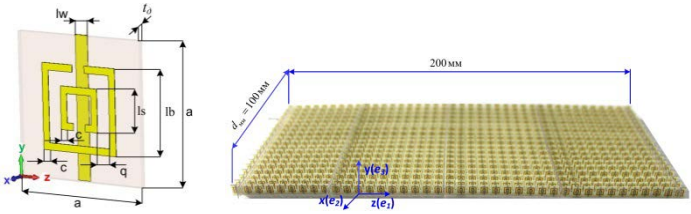
$$\alpha'_э(f_k,\xi_{мм})=\alpha'_{CST}(f_k,\xi_{мм})+n(f_k),\ k=1,2,...,K, \qquad (3)$$

где $n(f_k)$ – шум, воздействующий на k-измерение и обусловленный инструментальными погрешностями измерительного комплекса и другими погрешностями при проведении эксперимента.

Блок определения теоретических значений комплексных коэффициентов ослабления 1 реализует вычисление левой части операторного уравнения (2), а блок решения операторного уравнения 1 реализует операцию по решению уравнения (2), путём варьирования составляющих вектора $\xi_{мм}$. Данные блоки реализованы в системе Matlab. При этом решение обратной задачи (2) в блоке 2 осуществляется с помощью генетического алгоритма, реализованного в виде функции «ga» приложения Global Search пакета Matlab.

Для численной проверки исследован образец плоскослоистого ММ на основе SRR-элементов с областью отрицательной рефракции в диапазоне частот 10,06–10,64 ГГц. Единичный элемент был спроектирован в системе CST Microwave studio по методике приведенной

в [5]. С учетом геометрических параметров полученного единичного элемента изготовили образец ММ в виде плоской пластины (рис. 2). Не привязываясь строго к теории гомогенизации, для обеспечения проявления ММ свойств однородной среды, SRR-элементы в направлениях e_1 и e_2 (рис. 2) разместили с периодичностью 5 мм. Толщина ММ соответствует 1 элементу (5мм).



а) б)

а) – единичный элемент ММ, б) – изготовленный плоскослоистый образец ММ

Рис. 2. Исследуемый образец ММ

Таблица

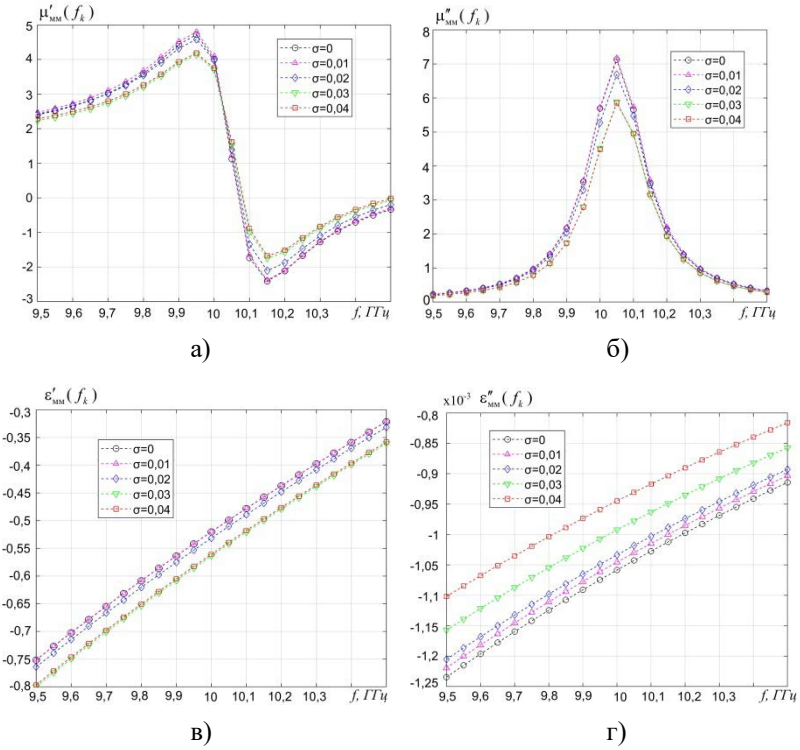
Геометрические размеры эталонного элемента, мм

Параметр	Оптимизированное значение, мм
a	5
lw	0,5
ls	1,5
lb	3
c	0,25
q	0,5
$t_д$	0,254

3. Результаты и их обсуждение

Для решения операторного уравнения (2) использовали 21 значение частоты из интервала $\Delta f = 9,5-10,5$ *ГГц* с шагом по частоте 0,25 ГГц.

На рис. 3 приведены частотные дисперсионные зависимости комплексных диэлектрической и магнитной проницаемости полученные путем решении обратной задачи (2) при возрастающих значениях уровня среднего квадратического отклонения (СКО) шума в измерительных данных (σ =0,01, σ =0,02, σ =0,03, σ =0,04).



а) – действительная часть комплексной магнитной проницаемости,

б) – мнимая часть комплексной магнитной проницаемости,

в) – действительная часть комплексной диэлектрической проницаемости, г) – мнимая часть комплексной диэлектрической проницаемости

Рис. 3. Частотные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической и магнитной проницаемостей ММ при возрастании СКО шума

Анализ зависимостей на рис. 3 показал, что в целом погрешности оценок действительной и мнимой частей комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей ММ, в том числе и в резонансной области, при СКО уровня шума 0,02 не превышают 10 %. Погрешности оценки толщины при этом получили следующие: σ=0,01, $\delta t_{мм} \approx 3,5\%$; σ=0,02, $\delta t_{мм} \approx 6\%$; σ=0,03, $\delta t_{мм} \approx 10\%$; σ=0,04, $\delta t_{мм} \approx 19\%$.

Таким образом, в целом, проведенный численный эксперимент показал, что разработанная электродинамическая модель измерений

обеспечивает устойчивое решение обратной задачи (2) при воздействии шума.

Заключение

Таким образом, представлены результаты исследования показавшие высокую эффективность по измерению ЭФГП ММ с помощью ПЭМВ СВЧ-диапазона. Разработанный метод обеспечивает локальный контроль ЭФГП плоскослоистых ММ на металлической подложке при одностороннем доступе. Разработана имитационная модель реального измерительного комплекса, с помощью которой для различных конфигураций измерительных комплексов можно оценить погрешности определения диэлектрической и магнитной проницаемостей различных типов ММ. Имитационное моделирование показало, что локальные значения эффективных ЭФГП исследуемого ММ на основе SRR-элементов отличаются от расчетных не более чем на 10 %.

Список литературы

1. Лагарьков А. Н. Электрофизика и электродинамика метаматериалов / А. Н. Лагарьков, В. Н. Кисель, А. К. Сарычев, В. Н. Семененко // Теплофизика высоких температур. – 2010. – Т. 48. – № 6. – С. 1031–1048.
2. Ran L. Experimental Study on Several Left-Handed Matamaterials / L. Ran [and all] // Progress In Electromagnetics Research. – 2005. – V. 51. – P. 249–279.
3. Smith D. R. Determination of effective permittivity and permeability of metamaterials from reflection and transmission coefficients / D. R. Smith, S. Schultz, P. Markos, C. M. Soukoulis // Physical Review B. – 65. – 195104. – Published 19 April 2002.
4. Shelby R. A. Experimental Verification of a Negative Index of Refraction / R. A. Shelby, D. R. Smith, S. Schultz // Science. – Apr 2001. –V. 292. – Iss. 5514. – P. 77–79.
5. Казьмин А.И. Контроль электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Дефектоскопия. – 2021. – № 4. – С. 51-67.
6. Lubkowski G., Schuhmann R., Weiland T. Extraction of effective metamaterial parameters by parameter fitting of dispersive models / G. Lubkowski, R. Schuhmann, T. Weiland // Microwave and Optical Technology Letters. – Feb 2007. – V. – 49. – Iss. 2. – P. 285–288.

Решение задачи о замене оборудования методом динамического программирования

О. И. Канищева, e-mail: oleka_olesya@mail.ru [1, 2]
И. Н. Служенко [1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

[2] Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной статье рассмотрено решение задачи о замене оборудования методом динамического программирования. Авторами была проанализирована математическая модель данной задачи, приведён алгоритм ее решения и разработана программная реализация. Результаты анализа модели подтверждены численными расчётами.*

Ключевые слова: *Математическое моделирование, динамическое программирование, замена оборудования, методы оптимизации, функция Беллмана, оптимальная стратегия, критерий оптимальности.*

Введение

В мире существует множество предприятий, которые используют для производства своей продукции машинное оборудование. Важной экономической проблемой является своевременное обновление оборудования: станков, автомобилей, компьютеров и др. Старение оборудования включает его физический и моральный износ, в результате чего увеличиваются затраты на ремонт и обслуживание, снижается производительность труда и ликвидная стоимость.

Задача о замене оборудования состоит в определении оптимальных сроков замены старого оборудования. Критерием оптимальности является либо прибыль от эксплуатации оборудования, либо суммарные затраты на эксплуатацию в течение планируемого периода. В работе предлагается использовать методы динамического программирования для решения задачи о своевременной замене оборудования.

В задачах динамического программирования экономический процесс зависит от времени (от нескольких периодов времени), поэтому находится ряд оптимальных решений (последовательно для каждого этапа), обеспечивающих оптимальное развитие всего процесса в целом. Динамическое программирование представляет собой математический

© Канищева О. И., Служенко И. Н., 2022

аппарат, позволяющий осуществлять оптимальное планирование многошаговых управляемых процессов и процессов, зависящих от времени. Экономический процесс считается управляемым, если можно влиять на ход его развития. Управлением называется совокупность решений, принимаемых на каждом этапе для влияния на ход процесса [1].

Динамическое программирование, используя поэтапное планирование, позволяет не только упростить решение задачи, но и решить те из них, к которым нельзя применить методы математического анализа. Упрощение решения достигается за счет значительного уменьшения количества исследуемых вариантов, так как вместо того, чтобы один раз решать сложную многовариантную задачу, метод поэтапного планирования предполагает многократное решение относительно простых задач [2].

Планируя поэтапный процесс, исходят из интересов всего процесса в целом, т.е. при принятии решения на отдельном этапе всегда необходимо иметь в виду конечную цель.

Однако динамическое программирование имеет и свои недостатки. В отличие от линейного программирования, в котором симплексный метод является универсальным, в динамическом программировании такого метода не существует. Каждая задача имеет свои сложности, и в каждом случае необходимо найти наиболее подходящую методику решения. Недостаток динамического программирования заключается также в трудоемкости решения многомерных задач.

1. Математическая модель динамического программирования

Составим математическую модель динамического программирования. Дополнительно введем следующие условные обозначения: S – состояние процесса, S_i – множество возможных состояний процесса перед i-м шагом, W_i – выигрыш с i-го шага до конца процесса, $i=\overline{1,m}$.

Выделим следующие основные этапы составления математической модели задачи динамического программирования:

1. Разбиение задачи на шаги (этапы). Шаг не должен быть слишком мелким, чтобы не проводить лишних расчетов и не должен быть слишком большим, усложняющим процесс шаговой оптимизации.

2. Выбор переменных, характеризующих состояние S моделируемого процесса перед каждым шагом, и выявление налагаемых на них ограничений. В качестве таких переменных следует брать факторы, представляющие интерес для исследователя.

3. Определение множества шаговых управлений X_i, $i=\overline{1,m}$ и налагаемых на них ограничений, т.е. области допустимых управлений X.

4. Определение выигрыша $\varphi_i(S, X_i)$, который принесет на i-м шаге управление X_i, если система перед этим находилась в состоянии S.

5. Определение состояния S', в которое переходит система из состояния S под влиянием управления X_i, $S'=f_i(S, X_i)$, где f_i – функция перехода на *i*-м шаге из состояния S в состояние S'.

6. Составление уравнения, определяющего условный оптимальный выигрыш на последнем шаге, для составления s моделируемого процесса

$$W_m(S) = \max_{X_m \in X} \{\varphi_m(S, X_m)\} \qquad (1)$$

7. Составление основного функционального управления динамического программирования, определяющего условный оптимальный выигрыш для данного состояния S с i-го шага и до конца процесса через уже известный условный оптимальный выигрыш с (i+1)-го шага и до конца

$$W_i(S) = \max_{X_i \in X} \{\varphi_i(S, X_i) + W_{i+1}(f_i(S, X_i))\} \qquad (2)$$

В уравнение (2), в уже известную функцию $W_{i+1}(S)$, характеризующую условный оптимальный выигрыш с (i+1)-го шага до конца процесса, вместо состояния S подставлено новое состояние $S'=f_i(S, X_i)$, в которое система переходит на *i*-м шаге под влиянием управления X_i.

Заметим, что структура модели динамического программирования отличается от статической модели линейного программирования. Действительно, в моделях линейного программирования, управляющие переменные – это одновременно и переменные состояния моделируемого процесса, а в динамических моделях отдельно вводятся переменные управления X_i и переменные, характеризующие изменение состояния S под влиянием управления. Таким образом, структура динамических моделей более сложная, что естественно, так как в этих моделях дополнительно учитывается фактор времени.

Большинство методов исследования операций связано в первую очередь с задачами вполне определенного содержания. Классический аппарат математики оказался малопригодным для решения многих задач оптимизации, включающих большое число переменных и/или ограничений в виде неравенств. Несомненна привлекательность идеи разбиения задачи большой размерности на подзадачи меньшей

размерности, включающие всего по несколько переменных, и последующего решения общей задачи по частям. Именно на этой идее основан метод динамического программирования [3].

Метод можно использовать для решения весьма широкого круга задач, включая задачи распределения ресурсов, замены и управления запасами, задачи о загрузке. Характерным для динамического программирования является подход к решению задачи по этапам, с каждым из которых ассоциирована одна управляемая переменная. Набор рекуррентных вычислительных процедур, связывающих различные этапы, обеспечивает получение допустимого оптимального решения задачи в целом при достижении последнего этапа.

2. Этапы решения задачи динамического программирования

После того как выполнены пункты 1-7, и математическая модель составлена, приступают к ее расчету.

Основные этапы решения задачи динамического программирования:

1. Определение множества возможных состояний S_m для последнего шага.

2. Проведение условной оптимизации для каждого состояния $S \in S_m$ на последнем m-ом шаге по формуле (1) и определение условного оптимального управления $X(S)$, $S \in S_m$.

3. Определение множества возможных состояний S_i для i-го шага, $i = 2,3,..,m-1$.

4. Проведение условной оптимизации i-го шага, $i = 2,3,..,m-1$ для каждого состояния $S \in S_m$ по формуле (2) и определение условного оптимального управления $X_i(S)$, $S \in S_m$, $i = 2,3,..,m-1$.

5. Определение начального состояния системы S_1, оптимального выигрыша $W_1(S_1)$ и оптимального управления $X_1(S_1)$ по формуле (2) при $i = 1$. Это есть оптимальный выигрыш для всей задачи $W^* = W_1(X_1^*)$.

6. Проведение безусловной оптимизации управления. Для проведения безусловной оптимизации, необходимо найденное на первом шаге оптимальное управление $X_1^* = X_1(S_1)$ подставить в формулу $S' = f_i(S, X_i)$ и определить следующее состояние системы $S_1 = f_1(S_1, X_1)$. Для измененного состояния найти оптимальное управление $X_2^* = X_2(S_2)$,

подставить в формулу $S'=f_i(S,X_i)$ и т.д. Для i-го состояния S_1 найти $S_{i+1}=f_{i+1}(S_i,X_i^*)$ и $X_{i+1}^*(S_{i+1})$ и т. д.

3. Формулировка задачи о замене оборудования

Задача о замене оборудования состоит в определении оптимальных сроков замены старого оборудования. Критерием оптимальности являются либо доход от эксплуатации оборудования (задача максимизации), либо суммарные затраты на эксплуатацию (задача минимизации) в течение планируемого периода. Мы будем рассматривать задачу максимизации, и критерием оптимальности будет доход от эксплуатации оборудования.

Принцип оптимальности Беллмана – важнейшее положение динамического программирования: оптимальное поведение в задачах динамического программирования обладает тем свойством, что каковы бы ни были первоначальное состояние и решение (т. е. «управление»), последующие решения должны составлять оптимальное поведение относительно состояния, получающегося в результате первого решения. Этот принцип можно выразить и рассуждая от противного: если не использовать наилучшим образом то, чем мы располагаем сейчас, то и в дальнейшем не удастся наилучшим образом распорядиться тем, что мы могли бы иметь. Следовательно, если имеется оптимальная траектория, то и любой ее участок представляет собой оптимальную траекторию. Этот принцип позволяет сформулировать эффективный метод решения широкого класса многошаговых задач.

Под функцией Беллмана понимаем минимальное значение критерия качества в текущий момент времени. Значение функции Беллмана $S(X,t)$ определяет минимальную величину функционала для любого начального состояния $X(t)$ в любой момент времени t. С другой стороны, значение функции Беллмана совпадает со значением, так называемых текущих потерь на управление [4].

Эксплуатация оборудования планируется в течение n лет, но оборудование имеет тенденцию с течением времени стареть и приносить все меньшую годовую прибыль $R(t)$, где t – возраст оборудования. При этом есть выбор: либо в начале любого года продать устаревшее оборудование за цену $S(t)$, которая также зависит от возраста, и купить новое оборудование за цену P, либо оставить оборудование в эксплуатации. Требуется найти оптимальный план замены оборудования с тем, чтобы суммарная прибыль за все n лет была максимальной,

учитывая, что к началу эксплуатационного периода возраст оборудования составляет t_0 лет.

Входными данными к этой задаче являются: $R(t)$ – доход от эксплуатации в течение одного года оборудования возраста t лет; $S(t)$ – остаточная стоимость оборудования; P – цена нового оборудования; t_0 – начальный возраст оборудования.

Переменной управления на k-м шаге является логическая переменная, которая может принимать два значения: С – сохранить, З – заменить оборудование в начале k-го года. Переменной состояния системы на k-м шаге является переменная t.

Функцию Беллмана $F_k(t)$ определим как максимально возможную прибыль от эксплуатации оборудования за годы с k-го по n-й, если к началу k-го года возраст оборудования составлял t лет. Применяя то или иное управление, мы переводим систему в некоторое новое состояние, а именно, если в начале k-го года мы сохраняем оборудование, то к началу следующего (k+1)-го года его возраст увеличится на 1 (состояние системы станет равно t+1), за год оно принесет прибыль $R(t)$, и максимально возможная прибыль за оставшиеся годы (с (k+1)-го по n-й) составит $F_{k+1}(t+1)$. Если же в начале k-го года принимаем решение о замене оборудования, то мы продаем старое оборудование возраста t лет за цену $S(t)$, покупаем новое оборудование за цену P и эксплуатируем его в течение k-го года, что приносит за этот год прибыль $R(0)$. К началу следующего года возраст оборудования составит 1 год, и за все годы с (k+1)-го по n-й максимально возможная прибыль будет $F_{k+1}(1)$.

Из этих двух вариантов управления выбираем тот, который приносит большую прибыль. Уравнение Беллмана на каждом шаге имеет вид:

$$F_k(t) = max\begin{Bmatrix} R(t) + F_{k+1}(t+1), & (\text{С}) \\ S(\text{t}) - P + R(0) + F_{k+1}(1), & (\text{З}) \end{Bmatrix} \qquad (3)$$

Функцию Беллмана для первого шага (k=n) легко вычислить – это максимально возможная прибыль только за последний n-й год:

$$F_n(t) = max\begin{Bmatrix} R(t), & (\text{С}) \\ S(\text{t}) - P + R(0), & (\text{З}) \end{Bmatrix} \qquad (4)$$

Вычислив значение функции $F_n(t)$ по формуле (4), далее можно посчитать $F_{n-1}(t)$, затем $F_{n-2}(t)$ и так далее до $F_1(t_0)$. Функция $F_1(t_0)$ представляет собой максимально возможную прибыль за все годы (с 1-го по n-й). Максимум достигается при некотором управлении, применяя

которое в течение первого года, мы определяем возраст оборудования к началу второго года (в зависимости от того, какое управление является для первого года оптимальным, это будет 1 или (t_0+1). Для данного возраста оборудования по результатам, полученным на этапе условной оптимизации, мы смотрим, при каком управлении достигается максимум прибыли за годы со 2-го по *n*-й и так далее. На этапе безусловной оптимизации отыскиваются годы, вначале которых следует произвести замену оборудования.

4. Решение задачи о замене оборудования

Условие задачи: найти оптимальный план замены оборудования на 6-летний период, если известны производительность оборудования $R(t)$ и остаточная стоимость оборудования $S(t)$ в зависимости от возраста, стоимость нового оборудования P (заданы в таблицах). Возраст оборудования к началу эксплуатации равен 1 год.

Таблица 1

Исходные данные

t	0	1	2	3	4	5	6
R(t)	10	10	9	8	8	7	6
S(t)	11	8	7	7	6	6	5

$P = 11$ – цена нового оборудования

Решение задачи:

Алгоритм решения задачи о замене оборудования состоит из следующих шагов:

1. Задать предполагаемый срок эксплуатации.
2. Определить входные параметры ($R(t)$ – доход от эксплуатации в течение одного года оборудования возраста t лет и $S(t)$ – остаточную стоимость оборудования).
3. Задать цену нового оборудования (P).
4. Рассчитать функцию Беллмана $F_k(t)$ для каждого года эксплуатации по формуле (3) и определить, следует ли заменять используемое оборудование.

На первом шаге, где $k = 6$ и возможные состояния системы $t=1,2,..,6$, расчет будем вести по формуле (4). Полученные значения: $F_6(1) = 10,\ F_6(2) = 9,\ F_6(3) = 8,\ F_6(4) = 8,$ и т.д.

Далее расчет ведется по формуле (3). Составим матрицу значений функции Беллмана (табл. 2.).

Таблица 2

Матрица значений функций Беллмана

k	t					
	1	2	3	4	5	6
1	52					
2	44	42				
3	35	34	33			
4	27	25	25	24		
5	19	17	16	15	15	
6	10	9	8	8	7	6

Теперь составим матрицу логических значений (Сохранить/Заменить), следуя правилу: ЕСЛИ $R(t)+F_{k+1}(t+1) \geq S(t)-P+R(0)+F_{k+1}(1)$, ТО значение = «Сохранить», ИНАЧЕ, значение «Заменить». Полученные результаты представлены в таблице 3.

Матрица логических значений

k	t					
	1	2	3	4	5	6
1	С					
2	С	С				
3	С	С	**З**			
4	С	С	**З**	**З**		
5	С	С	С	С	**З**	
6	С	С	С	С	С	С

Выделенные в таблице 3 значения соответствует замене оборудования. Максимально возможная прибыль при эксплуатации оборудования достигается, если замену оборудования провести в начале третьего года его эксплуатации.

Заключение

В ходе выполнения работы была изучена и проанализирована теория решения задачи о замене оборудования, разработаны алгоритм и его программная реализация (рисунок), позволяющая находить решение задачи при любых входных параметрах.

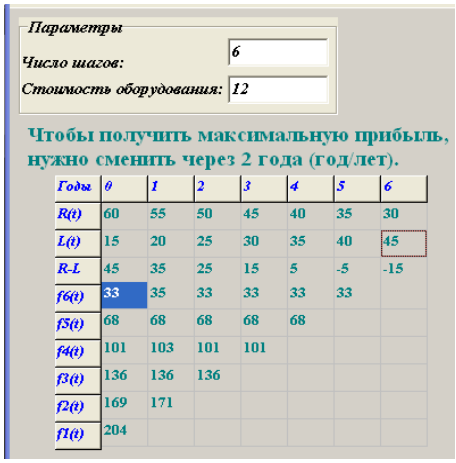


Рисунок. Программная реализация задач

Эффективность решения задачи о замене оборудования методом динамического программирования обусловлена использованием рекуррентных формул (3), (4), позволяющих осуществить рациональный процесс поиска оптимальных вариантов, чем полный перебор вариантов. Это осуществляется при помощи функций Беллмана, несущих информацию об оптимальном продолжении процесса.

Список литературы

1. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Глава 15. Динамическое программирование // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2005. – 1296 с.

2. Щербина О. А. Методологические аспекты динамического программирования // Динамические системы, 2007, вып. 22. – с.21-36.

3. Sanjoy Dasgupta , Christos H. Papadimitriou, Umesh Vazirani Algorithms = Algorithms. – 1-е изд. – McGraw-Hill Science/Engineering/ Math, 2006. – С. 336.

4. Исследование операций в экономике /Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман; Под ред. проф. Н. Ш. Кремера. – М. : ЮНИТИ, 2000. – 407 с.

Способ определения дальности до источника оптического излучения

В. В. Капитанов, email: kvv256@rambler.ru
А. Ю. Козирацкий,
Д. А. Вихляев

ВУНЦ ВВС РФ “Военно-воздушная академия им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)”

Аннотация. *В работе предложен способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности излучения в двух пространственно разнесенных плоскостях.*

Ключевые слова: *фотоприемник, интенсивность излучения, источник оптического излучения*

Введение

В работе [1] предложен перспективный способ однопозиционного определения угловых координат на источник оптического излучения с использованием известной оптической схемы Кеплера, в котором матричный фотоприемник выводится за пределы плоскости фокусировки объектива. Расчет направления на источник излучения осуществлялся по анализу распределения интенсивности оптического излучения в плоскости приема. Данный способ не позволяет определить дальность до источника излучения.

Исходя из этого, целью статьи является разработка способа определение дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности в пространственно разнесенных плоскостях.

Способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности в пространственно-разнесенных плоскостях

В работе [2] представлено приемное оптико-электронное устройство, состоящее из широкопольной фокусирующей оптической системы с вынесенным за пределы фокусировки матричным фотоприемником регистрирующем распределение интенсивности излучения в плоскости наблюдения. Прохождение оптического излучения через линзовую фокусирующую систему изображено на рис.

© Капитанов В. В., Козирацкий А. Ю., Вихляев Д. А., 2022

1, где за счет поворотного механизма осуществляется разворот плоскости приема фотоприемника.

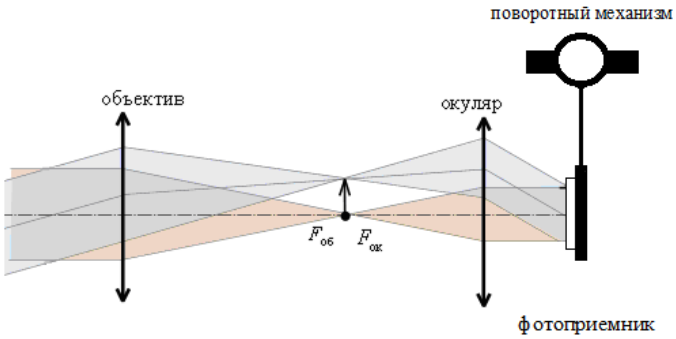


Рис. 1. Оптическая схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему

Фотоприемник регистрирует изображение распределения интенсивности оптического излучения в двух плоскостях приема. В первом положении изображение интенсивности излучения представляет собой размытые линии эллиптической формы. Для получения второго положения с помощью поворотного механизма осуществляют разворот плоскости фотоприема до тех пор, пока линия равных интенсивностей не примет форму окружности, что соответствует перпендикулярности главной оптической линии оптического излучения и плоскости приема.

Полученные изображения разобьем на пиксели (точки), которые характеризуются яркостью, зависящей от интенсивности регистрируемого излучения. Путем сравнения яркости пикселей на изображении выделяют шесть точек с равными значениями, по которым восстанавливают согласно предложенному в работе [2] алгоритму контур эллиптической формы линии равных интенсивностей, и определяют большую и малую ось эллипса. Геометрия задачи представлена на рис. 2. Радиус r выделенного контура окружности будет совпадать с малой полуосью эллипса. По размерам большой R и малой полуоси r выделенных контуров эллипса линии равных интенсивностей, а также углу поворота β определяют дальность до источника оптического излучения.

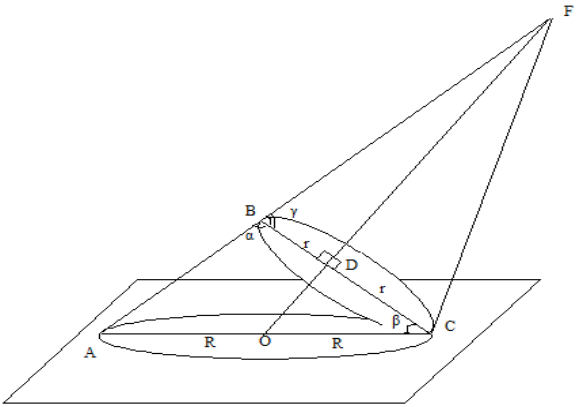


Рис. 2. Геометрия задачи

С использованием простейших преобразований дальность до источника оптического излучения будет определяться по формуле:

$$L = OD + DF = R\sin\beta - r\,tg\left[\arccos\left(\frac{z^2 + 4r^2 - 4R^2}{4zr}\right)\right],$$

где $z^2 = 4R^2 + 4r^2 - 8Rr\cos\beta$; R – большая полуось эллипса линии равных интенсивностей; r – радиус окружности (совпадает с малой полуосью эллипса) линии равных интенсивностей; β – угол поворота плоскости фотоприема.

Для осуществления оценки точности определения дальности до источника лазерного излучения использовался метод статистических испытаний имитационного моделирования Монте-Карло [3]. С учетом известных исходных данных о направлении лазерного излучения формировался подыгрыш путем генерации распределения линий равных интенсивностей и выбора элементов оптического матричного фотоприемника с равными выходными параметрами. При этом с применением выражений математической статистики [4], получены статистические характеристики ошибки определения дальности до источника излучения от точности измерения координат точек линии равных интенсивностей, представленные на рис. 4.

Анализ представленной характеристики показывает практически линейную зависимость ошибки определения дальности от среднеквадратического отклонения измеренной величины координаты линии равных интенсивностей. Зависимость показывает, что ошибки

определения дальности уменьшаются при более точном выборе точек линии равных интенсивностей.

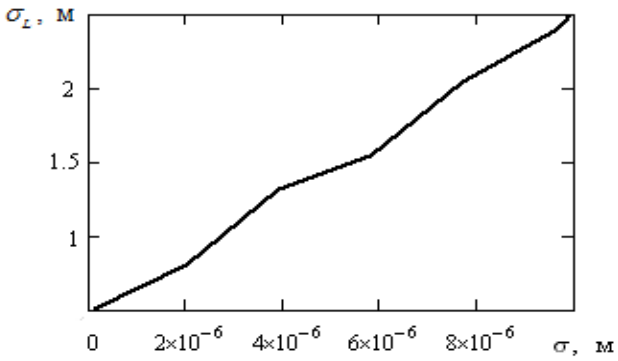


Рис. 3. Статистические характеристики ошибок определения дальности до источника излучения

Заключение

В данной работе разработан способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности излучения в двух пространственно разнесенных плоскостях. Получены с использованием имитационного моделирования зависимости среднеквадратического отклонения дальности до источника оптического излучения. Анализ расчетов показывает, что при использовании разработанного способа, ошибки в определении дальности до источника оптического излучения существенно зависят от точности выбора точек линии равных интенсивностей.

Список литературы

1. Капитанов, В.В. Способ определения угловых координат источника оптического излучения, основанный на анализе распределения интенсивности в плоскости наблюдения / В.В. Капитанов, А.Ю. Козирацкий, М.М. Фролов, С.В. Радько // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVI международной научно-методической конференции – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2016. – Т. III. – С. 147 – 152.

2. Козирацкий, Ю.Л. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов. Монография / Ю. Л. Козирацкий, Е.М. Афанасьева, А.И. Гревцев, А.А. Донцов и др. Под редакцией Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2015. 456 с.

3. Имитационная модель угломерного способа координатометрии на основе трехточечных измерителей фазы / Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов, С. В. Петренков, Е. А. Мамаджанян // Радиотехника, 2016. – № 32. – С. 30-35.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.

Подход к противодействию кросс – протокольным атакам

М. А. Кожевников, email: kmaxss@yandex.ru[1]
А. В. Алямкин, email: Alexandralyamkin@yandex.ru[1]
Г. В. Васильев, email: gleb_mesarthim@mail.ru [1]
К. В. Торгашов, email: torgashov18@mail.ru [1]

[1] Краснодарское высшее военное училище им. С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе проводится исследование влияния IPv4 на измерение количества уязвимых и эксплуатируемых сервисов при проведении кросс-платформенных атак.*

Ключевые слова: *кросс-протокольная атака, веб-сервер, TLS, стандарт X.509,ALPN.*

Введение

С помощью протокола Transport Layer Security (TLS) между двумя конечными точками связи устанавливаются конфиденциальные и аутентифицированные каналы. В типичных протоколах конечного пользователя, таких как HTTP, SMTP или IMAP, сервер TLS аутентифицируется на клиента путем предоставления сертификата X.509. В этом случае сервер идентифицируется по полю Common Name (CN) или расширению Subject Alternate Name (SAN) в сертификате, которое содержит одно или несколько имен хостов или шаблонов подстановочных знаков (например, * . bank . com).

Поскольку TLS не защищает целостность самого TCP-соединения (т.е. IP и порт источника, IP и порт назначения), злоумышленник может перенаправить трафик TLS для конечной точки и протокола службы TLS на другую, замещающую конечную точку и протокол службы TLS. Если клиент считает сертификат заменяющего сервера действительным для предполагаемого сервера, например, если сертификаты с подстановочным знаком разделяются между поддоменами, аутентификация соединения нарушается [1-4]. Это может привести к возникновению кросс-протокольной атаки на прикладном уровне, когда клиент неосознанно отправляет данные протокола для предполагаемого сервера на заменяющий сервер, который ожидает другой протокол, потенциально ставя под угрозу безопасность любого из серверов на прикладном уровне.

В целом, кросс-протокольные атаки можно рассматривать между любыми двумя протоколами, защищенными TLS. Хотя некоторые

© Кожевников М. А., Алямкин А. В., Васильев Г. В., Торгашов К. В., 2022

комбинации протоколов с большей вероятностью приведут к успешным атакам, чем другие, даже совершенно разные форматы данных могут быть совместимы [5-7].

1. Методология исследования TLS

Было оценено количество HTTPS-серверов, которые уязвимы для кросс-протокольных атак с SMTP, IMAP, POP3 или FTP при сканировании адресного пространства IPv4 в масштабах всего интернета путем поиска серверов с надежными, совместимыми сертификатами. Кроме того, было проанализировано, как эти серверы реагируют на недействительные имена серверов с помощью SNI и как они реагируют, если не могут выбрать действительный протокол прикладного уровня с помощью ALPN.

Чтобы оценить, сколько серверов приложений имеют доверенные сертификаты, совместимые с HTTPSсерверами, было произведено множественное сканирование IPv4 на стандартных и известных портах приложений для SMTP (25, 587, 465, 26, 2525), IMAP (143, 993), POP3 (110, 995) и FTP (21, 990), используя ZMap и ZGrab 2.0. Были исключены все узлы, которые не смогли завершить рукопожатие TLS. Затем было определено, какие из этих серверов имеют путь доверия к общедоверенному корневому ЦС. ЦС считался общедоверенным, если ему доверяют Mozilla, Google, Microsoft, Apple, Oracle или OpenJDK. Затем были собраны все доверенные сертификаты и были извлечены их общие имена (CN) и измененные имена субъектов (SAN), чтобы найти соответствующие HTTPS-серверы.

Для записей, содержащих символ *, угадывались поддомены, заменяя * на www. Затем производились попытки подключиться к хостам на порт 443 с использованием протокола HTTPS и производился сбор представленных сертификатов.

Были произведены еще два сканирования тех серверов приложений SMTP, IMAP,POP3 и FTP, которые предлагали доверенный сертификат. В ходе первого сканирования оценивалось количество серверов приложений, которые допускают неправильные имена хостов SNI, выполнив рукопожатие TLS с именем хоста SNI example.com. Фиксировалось успешное завершение квитирования TLS, несмотря на несовпадающее имя хоста. Во время второго сканирования оценивалось количество серверов приложений, которые допускают корректные протоколы прикладного уровня, выполнив рукопожатие TLS с тем же расширением ALPN, которое было отправлено браузером Chrome. Регистрировалось успешное завершение рукопожатия TLS, несмотря на несовпадение идентификаторов протоколов.

2. Результаты сканирования Интернета

Кросс-протокольные атаки на HTTPS могут быть выполнены с использованием SMTP, IMAP, POP3 и FTP в качестве серверов приложений. С помощью этих протоколов могут быть произведены атаки на загрузку, скачивание и отражение.

Результаты сканирования можно увидеть в рис. 1. По всем протоколам 62,85% обнаруженных серверов приложений TLS были использованы как правило, доверенные сертификаты. Заметным исключением является FTP на порту 21, где количество доверенных сертификатов составило всего 44%. Возможное объяснение заключается в том, что сертификаты FTP серверов из десяти подписываются частными центрами сертификации, которым браузеры обычно не доверяют. Было обнаружено, что около 25% недоверенных сертификатов FTP были подписаны такими частными ЦС.

			Server IPs with TLS		Certificate Names (CN & SAN)	
Protocol	**Port**	**STARTTLS**	**Total**	**Valid Certificate**	**# Unique**	**# HTTPS**
SMTP	25	Yes	3,427,465	1,744,052 (50,88%)	1,048,090	782,710 (74.68%)
SMTP	587	Yes	3,495,626	2,471,893 (70,71%)	1,176,374	821,534 (69.85%)
SMTPS	465	-	3,511,544	2,450,062 (69,77%)	1,046,240	724,557 (69.27%)
SMTP	26	Yes	565,672	514,425 (90,94%)	130,624	79,234 (60.66%)
SMTP	2525	Yes	231,009	139,536 (60,40%)	50,514	31,009 (61.40%)
IMAP	143	Yes	3,707,577	2,463,293 (66,44%)	1,103,455	782,410 (70.92%)
IMAPS	993	-	3,919,999	2,597,232 (66,26%)	1,287,370	926,313 (71.97%)
POP3	110	Yes	3,551,226	2,342,545 (65,96%)	983,912	690,111 (70.15%)
POP3S	995	-	3,828,411	2,580,379 (67,40%)	1,170,197	848,744 (72.56%)
FTP	21	Yes	4,826,891	2,130,271 (44,13%)	675,432	421,923 (62.48%)
FTPS	990	-	305,646	282,382 (92,39%)	115,292	95,197 (62.73%)
Total			31,371,066	19,716,070 (62,85%)	2,088,328	1,441,628 (69.03%)

Рис. 1. Результаты сканирования всего интернета по протоколам и портам

Сначала показано количество IP-адресов, которые предоставляют данную услугу и позволяют успешно выполнить рукопожатие TLS. Затем показано количество IP-адресов, предоставляющих сертификат, который считается действительным для браузера (за исключением соответствия имени хоста). Далее показано количество уникальных имен, найденных в CN и SAN действительных сертификатов. Наконец, приводится количество HTTPS-серверов, которые были найдены среди этих имен, с *, замененным на www, как наиболее распространенное предположение для веб-серверов, использующих сертификаты с подстановочным знаком.

По всем проанализированным протоколам были собраны в общей сложности 2 088 328 различных имен хостов. Поиск HTTPS – серверов по этим именам хостов выявил в общей сложности 1 441 628 HTTPS-серверов, для которых существует по крайней мере один сервер SMTP, POP3, IMAP или FTP, использующий в целом доверенный сертификат, что составляет 69% от всех проверенных уникальных имен хостов. Из этих веб-серверов 24 202 были в списке Tranco 1 млн самых известных хостов в Интернете. Это означает, что для большинства серверов с доверенными сертификатами на SMTP, POP3, IMAP или FTP, существует HTTPS-сервер с совместимым сертификатом, уязвимый для общей атаки по перекрестному протоколу TLS, где данные приложений обрабатываются сервером-заменителем, а не предполагаемым веб – сервером.

На основе баннерного сканирования были подсчитаны все уникальные веб-серверы (среди 1,4 млн кандидатов), для которых был определён хотя бы один сервер приложений. Иногда один и тот же веб-сервер эксплуатируется несколькими серверами приложений (например, IMAP и POP3), поэтому общее число уникальных веб-серверов меньше, чем сумма по всем протоколам.

В общей сложности было обнаружено 197 уникальных имен хостов веб-серверов, которые могут быть атакованы с использованием уязвимого SMTP, IMAP, POP3 или FTP-сервера с доверенным и совместимым сертификатом.

3. Меры противодействия

Предыдущие попытки остановить кросс-протокольные атаки пытались смягчить проблему на уровне приложений, например, закрыв соединение, если вместо допустимой команды обнаружен HTTP [8-11]. С практической точки зрения неразумно ожидать, что разработчики будут знать обо всех (включая будущие) возможных межпротокольных атаках и будут защищаться от них одна за другой.

Хотя такие меры потенциально могут остановить использование путаницы отдельных протоколов, они не могут остановить атаку в целом. Всякий раз, когда клиент заканчивает рукопожатие S_{sub} к сожалению, аутентификация, как и было обещано TLS, уже нарушена. На данный момент обмен прикладными данными еще не осуществлялся, поэтому никакие контрмеры прикладного уровня не могут предотвратить общую кросс-протокольную атаку.

4. Контрмеры с помощью сертификатов

Распространенной практикой является использование разных (несовместимых) сертификатов для разных конечных точек службы.

Однако применение такой политики на практике является сложной задачей. Проверка сертификатов ограничивается именами хостов, и поэтому каждая служба должна быть размещена на уникальном поддомене. Кроме того, ни на один сертификат не следует подавать в суд более чем за одно имя хоста, что фактически запрещает использование сертификатов с подстановочными знаками. Однако очень распространенные использование подстановочных сертификатов на практике показывает, что они представляют значительную ценность для администраторов. Даже строгая эксклюзивность сертификатов не предотвращает все возможные атаки. Злоумышленник все еще может украсть файл cookie, используя службу, размещенную на сервере поддомена, или выполнить атаки с фиксацией сеанса.

Другая идея состояла бы в том, чтобы определить различные способы использования сертификатов для различных служб. В то время как стандарт X. 509 определяет расширение для использования ключей расширения, это расширение позволяет отличать сертификаты сервера TLS только от сертификатов, используемых для электронной почты подпись, IPSec или OCSP и не обеспечивает механизм аутентификации протокола приложения поверх TLS.

Можно сделать вывод, что необходимые организационные и поведенческие изменения для достижения эксклюзивности сертификата настолько велики, что их можно рассматривать только как долгосрочную контрмеру [12].

Точно так же, как расширение ALPN защищает от межпротокольных атак, расширение SNI может защитить от атак с использованием разных имен хостов, если оно реализовано строго (т. е. соединение прерывается, если не найден соответствующий хост), что разрешено стандартом. Это может защитить от кросс-протокольных атак, когда у предполагаемого сервера и сервера-заменителя разные имена хостов, а также от некоторых атак с использованием одного и того же протокола, таких как путаница с виртуальным хостом HTTPS или атаки с путаницей контекста.

К сожалению, некоторые серверы в настоящее время не полностью осведомлены об именах хостов, за которые они несут ответственность. Добавление строгой проверки SNI на эти серверы может привести к разрыву соединений, если имена хостов отсутствуют или клиенты неправильно настроены. Тем не менее, рекомендуется включить строгую проверку SNI, если это возможно, в частности, для новых конфигураций.

Заключение

Таким образом, было проведено исследование влияния IPv4 на измерение количества уязвимых и эксплуатируемых сервисов при проведении кросс-платформенных атак. Был просканирован Интернет с

целью оценивания количества серверов приложений, которые допускают неправильные имена хостов SNI и количества серверов приложений, которые допускают корректные протоколы прикладного уровня, выполнив рукопожатие TLS с тем же расширением ALPN, которое было отправлено браузером Chrome. Регистрировалось успешное завершение рукопожатия TLS, несмотря на несовпадение идентификаторов протоколов. Также были определены меры противодействия кросс-платформенным атакам.

Список литературы

1. Казарин, И. С. Обзор сетевых атак на информационные системы / И. С. Казарин, Е. М. Михайлова // В сборнике: Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. Сборник материалов XXXIX Молодежной международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.С. Чернова. – 2017. – С. 140-148.
2. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.
3. Dichenko, S. Two-dimensional control and assurance of data integrity in information systems based on residue number system codes and cryptographic hash functions / S. Dichenko, O. Finko // Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe. – 2018. – P. 139-146.
4. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности данных в защищенных информационно-аналитических системах / С. А. Диченко, О. А. Финько // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2021. – № 676. – С. 36-49.
5. Горбачев, И. Е. Особенности обеспечения ИБ критической инфраструктуры с учетом специфики АСУ ТП / И. Е. Горбачев, Р. В. Лукьянов, А. М. Сухов // Защита информации. Инсайд. – 2016. – № 2 (68). – С. 30-37.
6. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности многомерных массивов данных посредством криптокодовых конструкций / С. А. Диченко, О. А. Финько // Программирование. – 2021. – № 6. – С. 3-15.
7. Сухов, А. М. Алгоритм применения методов и моделей противодействия компьютерным вторжениям / А. М. Сухов, С. В. Калиниченко, В. И. Якунин // Защита информации. Инсайд. – 2016. – № 6 (72). – С. 38-41.

8. Диченко, С. А. Безопасные генераторы псевдослучайных линейных последовательностей на арифметических полиномах для защищенных систем связи / С. А. Диченко, О. А. Финько // Нелинейный мир. – 2013. – Т. 11. – № 9. – С. 632-645.

9. Сачков, И. К. Автоматизация противодействия бот-атакам / И. К. Сачков, А. Н. Назаров // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8. – № 6. – С. 5-9.

10. Диченко, С. А. Снижение вводимой избыточности при обеспечении устойчивости информационно-аналитических систем в условиях компенсации последствий деструктивных воздействий злоумышленника / С. А. Диченко, О. А. Финько // Автоматизация процессов управления. – 2020. – № 4 (62). – С. 38-48.

11. Дементьев, В. Е. Понятийный аппарат протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети / В. Е. Дементьев, А. В. Дементьева, Д. А. Маняшин // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей. – 2016. – С. 70-74.

12. Сухов, А. М. Методика моделирования процесса функционирования системы обнаружения вторжений в компьютерную сеть в задачах исследования эффективности / А. М. Сухов, И. Е. Горбачев, В. И. Якунин // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2017. – № 2. – С. 23-30.

Компьютерное моделирование в задаче обоснования пространственных характеристик аэрозольного прикрытия наземного объекта

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru
И. О. Головин, email: 89529526250@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Разработана компьютерная модель, позволяющая обосновывать пространственные характеристики аэрозольных образований и характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн.*

Ключевые слова: *компьютерная модель, аэрозольное образование, прикрытие объекта, пространственные характеристики.*

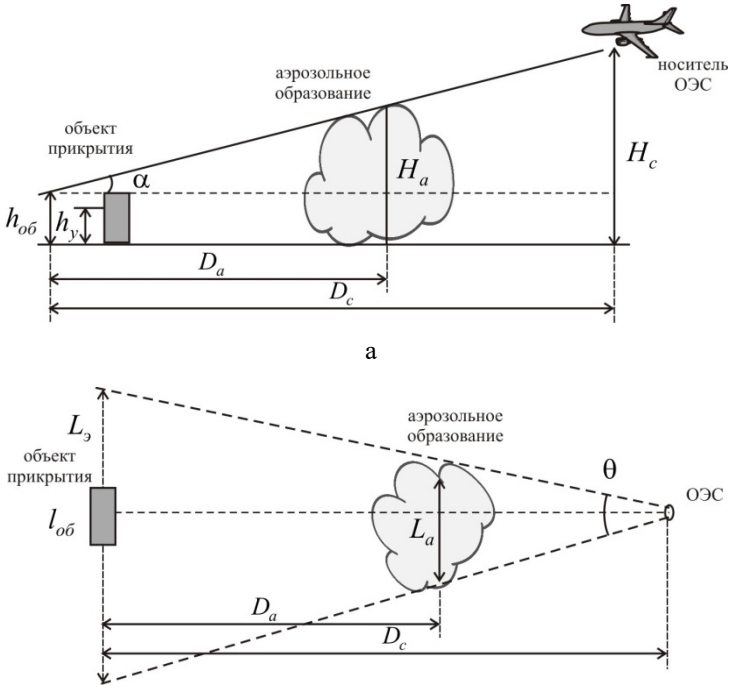
Введение

Для прикрытия наземных объектов от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн широко применяются аэрозольные образования (АО) [1]. В интересах индивидуальной защиты объектов для постановки таких помех, как правило, используются специальные пусковые установки, размещаемые на самом прикрываемом объекте. При этом для различных условий функционирования объекта направления угрозы со стороны средств разведки и поражения могут варьироваться и определяться, в том числе, удалением и возможными носителями. Поэтому важным условием обеспечения эффективного аэрозольного прикрытия объекта будет являться формирование рациональных пространственных характеристик аэрозольных завес, обеспечивающих маскировку в большинстве типовых эпизодов функционирования объекта [2]. При решении данной задачи возникает необходимость учета множества взаимозависимых факторов, учет которых при проведении исследования может быть значительно упрощен путем использования компьютерного моделирования. Поэтому целью данной статьи являлась разработка компьютерной модели, позволяющей определять пространственные характеристики аэрозольных образований, а также характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от оптических и оптико-электронных средств (ОЭС) различного назначения.

© Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Головин И. О., 2022

1. Постановка задачи

Рассмотрим общий случай, когда высота носителя ОЭС превышает высоту аэрозольного образования $H_c > H_a$. Геометрия задачи в двух плоскостях представлена на рис. 1.



а – в вертикальной плоскости, б – в горизонтальной плоскости

Рис. 1. Геометрия задачи

Допустим, что высота прикрываемого объекта меньше высоты АО $h_{об} < H_a$. Пусковые установки могут быть размещены на объекте на определенной высоте h_y. В результате пуска аэрозольных гранат должно формироваться АО высотой H_a и шириной L_a, обеспечивающими перекрытие (экранирование) линии визирования «ОЭС – объект». Введем также коэффициенты перекрытия по азимуту $k_a = L_э / l_{об}$ и углу места

$k_y = H_э / h_{об}$ с учетом необходимых для защиты размеров аэрозольного экрана $H_э \times L_э$.

Высота АО будет определяться дальностью постановки, высотой размещения и углом места оси ствола пусковой установки α, характеристиками гранаты, начальной скоростью ее полета $\upsilon_г$. Связь перечисленных факторов с координатой подрыва аэрозольной гранаты по высоте может быть получена с использованием системы дифференциальных уравнений, описывающих баллистическую траекторию полета с учетом сопротивления воздуха.

2. Разработка компьютерной модели

В соответствии с поставленной задачей структуру взаимосвязанных модулей компьютерной модели определим в виде, представленном на рис. 2.

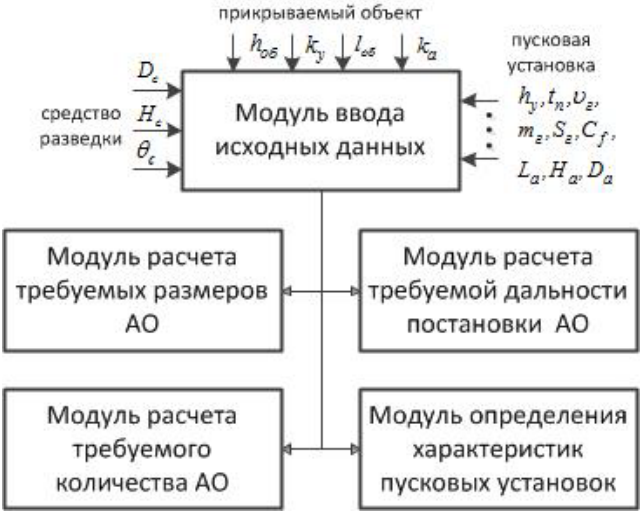


Рис. 2. Структура взаимосвязанных модулей компьютерной модели

В качестве исходных данных рассматриваются характеристики прикрываемого объекта, пусковой установки и пространственного положения средства разведки.

Модуль расчета требуемых размеров АО обеспечивает определение требуемых размеров аэрозольного облака при фиксированной требуемой дальности постановки АО в соответствии с выражениями

$$H_a = k_y h_{об} + \frac{D_a\left(H_c - k_y h_{об}\right)}{D_c}, \quad (1)$$

$$L_a = \frac{k_a l_{об}\left(D_c - D_a\right)}{D_c}. \quad (2)$$

Модуль расчета требуемой дальности постановки АО обеспечивает определение требуемой дальности постановки АО при фиксированных размерах аэрозольного облака путем выбора наибольшего значения D_a, полученного в соответствии с выражениями

$$D_a = \frac{D_c\left(H_a - k_y h_{об}\right)}{H_c - k_y h_{об}}, \quad (3)$$

$$D_a = D_c\left(1 - \frac{L_a}{k_a l_{об}}\right) \text{ (при } L_a < k_a l_{об}\text{)}. \quad (4)$$

Модуль расчета требуемого количества АО обеспечивает расчет требуемого количества АО для прикрытия объекта с заданных углов визирования θ_c или вкруговую при фиксированных требуемой дальности и размерах АО L_{amp}

$$N_a = L_{amp} / L_a. \quad (5)$$

Модуль определения характеристик пусковых установок обеспечивает расчеты характеристик пусковых установок при заданных пространственных характеристиках АО с использованием выражения зависимости высоты разрыва аэрозольной гранаты от времени

$$h_p(t) = h_y + \upsilon_г t \sin\alpha - \frac{C_f S_г \rho}{2m_г}\upsilon_г^2 t^2 \sin\alpha - \frac{gt}{2}, \quad (6)$$

где h_y – высота размещения пусковой установки на объекте; $\upsilon_г$ – скорость отстрела аэрозольной гранаты; α – угол отстрела; C_f – коэффициент лобового сопротивления формы гранаты (для шара 0,47); $S_г$ – площадь поперечного сечения гранаты; ρ – плотность среды (для воздуха 1,29 кг/м^3); $m_г$ – масса гранаты; g =9,81 м/с^2.

Для заданных времени постановки АО t_n, требуемых дальности и размеров АО, а также характеристик аэрозольной гранаты и пусковой установки определяются искомые характеристики пусковой установки.

Рассмотренные модули были реализованы путем компьютерного моделирования в среде Delphi. Интерфейс разработанной программы исследования возможностей аэрозольного прикрытия наземного объекта представлен на рис. 3.

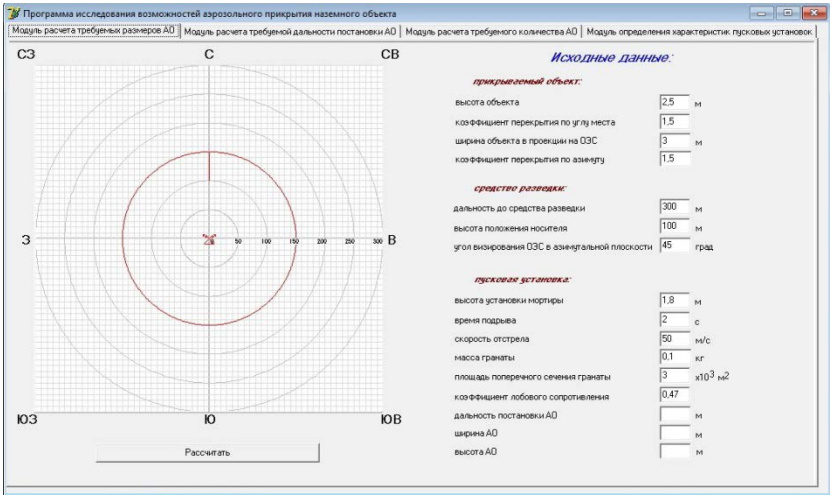


Рис. 3. Интерфейс программы

Заключение

Таким образом, разработана компьютерная модель, позволяющая обосновывать пространственные характеристики аэрозольных образований и характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн.

Список литературы

1. Юхно П.М. Преднамеренные оптические помехи высокоточному оружию. – М.: Радиотехника, 2017. – 640 с.

2. Модели пространственного и частотного поиска: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.

Моделирование фазоразностной информационной системы автоматического управления движением мобильных объектов

А. Д. Кононов, email: kniga126@mail.ru [1]
А. А. Кононов, email: kniga_777@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработана функциональная схема и действующий макет системы управления перемещением технологических машин различного назначения, включающий координатомерную систему, фазометрические блоки, специализированное вычислительное устройство и радиоканал передачи команд управления.*

Ключевые слова: *система управления, модель, мобильный объект, фазоизмерительное устройство, специализированное вычислительное устройство, технологические машины.*

Введение

В настоящее время известен ряд систем управления (СУ) работой мобильных объектов (МО), содержащих фазоразностное координатомерное устройство, вычислительные блоки, канал радиоуправления с выходом на исполнительные механизмы (ИМ), расположенные на самоходных технологических машинах (ТМ) различного назначения [1, 2].

Классической можно считать систему, которая состоит из четырех неподвижных полевых приемо-передающих устройств, расположенных по краям поля, и бортовых приемников с фазоизмерительными устройствами (ФИУ), размещенных на управляемых мобильных объектах (МО).

1. Принципы определения местоположения подвижных объектов

Неподвижные устройства работают по принципу временной селекции поочередно на одинаковых частотах [3, 4]. При этом одно приемно-передающее устройство работает в режиме ведущего, остальные в режиме ведомых. Последовательность работы устройств обеспечивается системой старт-стопной синхронизации. Для разрешения многозначности [5-7] фазового отсчета каждое приемно-передающее

© Кононов А. Д., Кононов А. А., 2022

устройство наряду с сигналом точной сети отсчета дополнительно излучает сигналы грубой и сверх грубой сетей отсчета.

Недостатками данной известной системы, снижающими точность определения местоположения МО и ее надежность, являются присутствие старт-стопной синхронизации, а также сложность реализации на ее основе автоматизированного управления отрядом самоходных ТМ [8], так как на каждом подвижном агрегате для преобразования выходных сигналов фазометрических устройств в текущие координаты объекта должен быть установлен свой вычислительный блок. Кроме того, необходимо еще одно, общее для всех подвижных агрегатов, специализированное вычислительное устройство (СВУ) с каналами связи для передачи информации о текущих координатах МО и команд для централизованного управления отрядом рабочих агрегатов.

2. Проектирование и анализ системы управления перемещением мобильных объектов

Предлагаемая система является упрощением рассмотренной выше и предназначена для повышения технико-экономических показателей работы ТМ в целом, а также предпочтительна в части возможного использования ее для моделирования и создания автоматизированной системы управления (АСУ) движением комплекса самоходных технологических машин различного назначения. В предлагаемом фазовом разностно-гиперболическом координатомерном устройстве передатчик установлен на управляемом агрегате, а три идентичных приемника находятся по углам поля и связаны с фазометрическими блоками, выходные сигналы которых преобразуются СВУ в текущие координаты декартовой системы.

На рис. 1 изображена функциональная схема предлагаемой модели системы для автоматического вождения МО, на рис. 2 – функциональная схема радиопередающего устройства с блоком формирования модулирующих частот грубого и точного отсчетов; на рис. 3 – функциональная схема приемного устройства СУ.

Система управления движением ТМ, представленная на рис. 1, содержит передатчик 1, блок формирования модулирующих частот грубого и точного отсчетов 2, приемники 3, 4, 5, фазометрические блоки 6, 7 с устройствами выделения и преобразования частоты грубого и точного отсчета, вычислительный блок 8, оперативно определяющий по измеренным разностям фаз текущее местоположение движущегося объекта.

Функциональная схема радиопередатчика с блоком формирования модулирующих частот [9] грубого и точного отсчетов (рис. 2) состоит из

передатчика 9, опорного кварцевого генератора 10, сумматора 11, делителя частоты 12.

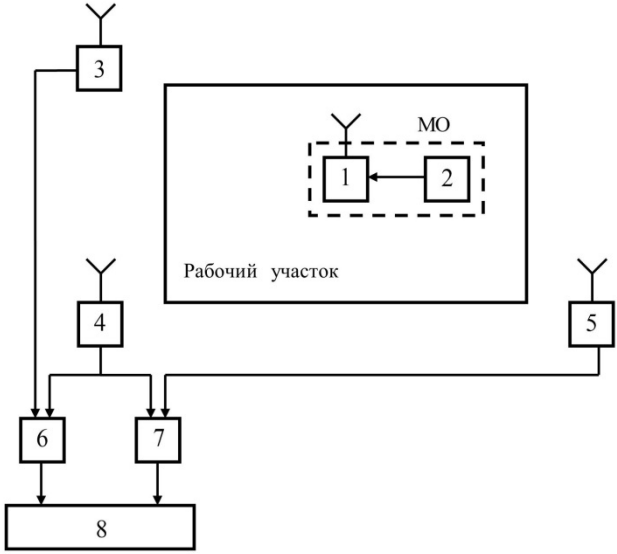


Рис. 1. Схема для моделирования системы автоматического управления движением мобильного объекта

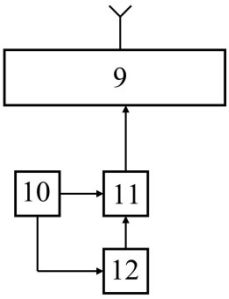


Рис. 2. Передающее устройство системы управления и блок формирования модулирующих сигналов

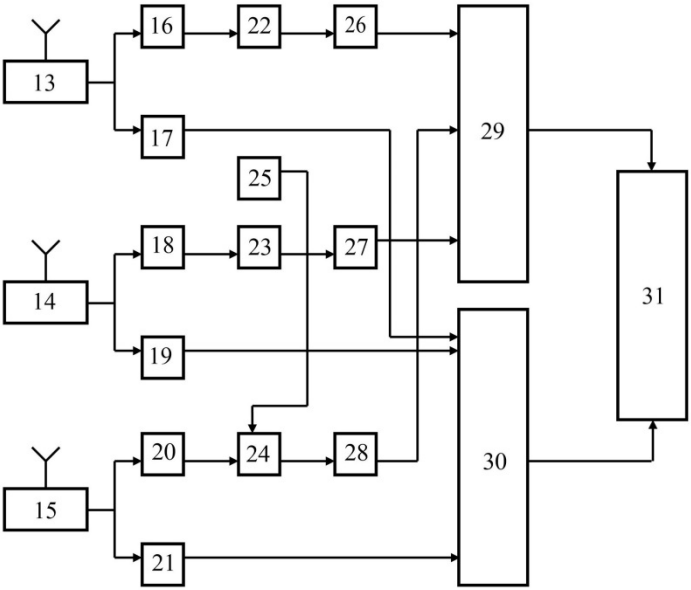


Рис. 3. Приемное устройство системы управления

Функциональная схема приемного устройства (рис. 3) включает супергетеродинные приемники 13, 14, 15, избирательные фильтры 16, 17, 18, 19, 20, 21, смесители 22, 23, 24, кварцевый генератор 25, избирательные фильтры 26, 27, 28, фазоизмерительные блоки 29, 30, вычислительное устройство 31.

При работе фазоразностной системы сигнал радиопередатчика 9, несущая частота которого 112,5 МГц, модулируется суммой сигналов с частотами 100 Кгц и 4 МГц для получения грубого и точного отсчетов. Опорный кварцевый генератор 10 выдает сигнал частоты точного отсчета, поступающий на делитель частоты 12 с коэффициентом деления 40, на выходе которого формируется сигнал грубого отсчета. Сигналы грубого и точного отсчетов подаются на вход сумматора 11. Полученная сумма с выхода 11 используется для модуляции несущей частоты передатчика.

Радиосигнал передатчика принимается антеннами супергетеродинных приемников 13, 14, 15, с выхода которых колебание в виде суммы частот грубого и точного отсчетов поступает на фильтры 16, 18, 20 и 17, 19, 21, выделяющие частоты 4МГц и 100КГц.

Измерение фаз точного отсчета осуществляется на частоте 40КГц, что достигается гетеродинным преобразованием, реализуемым смесителями 22, 23, 24, кварцевым генератором 25 и избирательными фильтрами 26, 27, 28 с частотой настройки 40КГц.

Сигналы, соответствующие точному и грубому отсчетам, с выходов фильтров 26, 27, 28 и 17, 19, 21 попадают на фазометрические блоки 29 и 30 дискретного типа, а с них поступают в СВУ 31, которое преобразует разности фаз приемников в текущие координаты МО и выдает значения этих координат в цифровой или любой иной форме, пригодной для последующего использования информации о положении подвижного агрегата на рабочем участке.

В макете системы автоматического управления движением ТМ на пункте управления расположен передатчик команд управления, например в 4, работающий на частоте 27,12 МГц с широтно-импульсной модуляцией с длительностью сигналов, пропорциональной величине отклонения текущей от программно заданной в СВУ траектории движения. На подвижном агрегате установлен приемник команд управления, соединенный с электрогидравлическими исполнительными механизмами.

Заключение

Предложенная модель построения координатомерного устройства позволяет существенно сократить число передатчиков и приемников, при этом отпадает необходимость старт-стопной синхронизации, что значительно упрощает систему. Требование высокой точности вождения мобильных агрегатов предполагает использование вычислительного блока для определения координат объекта по измеренным значениям разности фаз и формирования соответствующих команд управления. В связи с этим целесообразно размещение вычислительного устройства и фазометрических блоков в стационарных позициях. Наконец, предлагаемый вариант построения системы управления позволяет использовать один вычислительный блок для вождения и централизованного контроля многих самоходных технологических машин различного назначения.

Описанный макетный образец модели радионавигационной системы лишен многих перечисленных выше недостатков традиционных устройств сопровождения мобильных объектов и при проведении полевых испытаний показал достаточную функциональную работоспособность по измерению координат контрольных точек и формированию сигнала управления исполнительными механизмами МО.

Список литературы

1. Кононов, А. Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 46 – 50.

2. Кононов, А. Д. Специализированное вычислительное устройство для реализации алгоритма управления мобильными объектами / А.Д. Кононов, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», – Воронеж, 2013. – Т.2. – С. 179 – 183.

3. Алгазинов, Э.К. Методы адаптивной защиты летательных аппаратов от средств поражения с оптико-электронными системами наведения и основные принципы их компьютерного моделирования / Э.К. Алгазинов, Ю.Л. Козирацкий, А.А. Донцов // Материалы XV Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2015, – Т.1. – С. 176-181.

4. Скиба, Н. И. Современные гиперболические системы дальней радионавигации / Н.И. Скиба. – М.: Сов. радио, 1967. – 95 с.

5. Уланов, Г. М. Статистические и информационные вопросы управления по возмущению / Г. М. Уланов. – М.: Наука, 1970. – 256с.

6. Сирота, А. А. Методические основы моделирования конфликта сложных систем / А. А. Сирота, Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов // Материалы XI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2011. – С. 27 – 31.

7. Бобрешов, А. М. Аналитическая модель измерительной волноводной линии для оценки электрофизических параметров диэлектрических материалов / А. М. Бобрешов, А. А. Кононов, Ю. Э. Корчагин, К. В. Смусева, Г. К. Усков // Сборник трудов XXVII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». В 4-х томах. – 2021. – Т.3. – С. 125 – 131.

8. Барский, И.Б. Динамика трактора / И.Б. Барский, В.Я. Анилович, Г.М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1973. – 281 с.

9. Тихонов, В.И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

Моделирование нуклеосинтеза обойдённых изотопов в бинарных системах нейтронная звезда – черная дыра

И. В. Копытин, e-mail: i-kopytin@yandex.ru
Т. А. Крыловецкая, e-mail: tkrylovetskaya@gmail.com
А. А. Крыловецкий, e-mail: aakryl@cs.vsu.ru
И. С. Забалуев, e-mail: igor9765414@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *С помощью вычислительного эксперимента проведено изучение роли столкновительного бета-распада в синтезе p-изотопов в звездном веществе, находящемся в экстремальных условиях при поглощении нейтронной звезды черной дырой. Были вычислены сечения таких процессов для бета-стабильных ядер, температурная зависимость полученных сечений была параметризирована через 7 параметров для включения реакций СБР в библиотеку JINA REACLIB для дальнейшего использования при вычислениях в пакете SkyNet.*

Ключевые слова: *моделирование нуклеосинтеза, бинарные системы, нейтронная звезда, черная дыра, столкновительный бета-распад, Nuclear Reaction Network, программный пакет SkyNet, библиотека REACLIB.*

Введение

Данное исследование посвящено исследованию с помощью вычислительного эксперимента возможности синтеза так называемых “обойденных” ядер, или *p*-ядер, во время катастрофического астрофизического процесса – при поглощении нейтронной звезды черной дырой.

Объяснение наблюдаемых распространённостей химических элементов до сих пор остается актуальной задачей современной ядерной астрофизики. В настоящее время считается, что многие средние и некоторые тяжелые элементы образуются на квазиравновесных стадиях эволюции массивных звезд в реакциях s-захвата нейтронов атомными ядрами. Это так называемый медленный (в сравнении со скоростью обычно конкурирующего с ним ядерного бета-распада) процесс. Именно с его участием образуется примерно половина наблюдаемого количества элементов с $A > 60$. Большинство же тяжелых ядер, в том числе, практически все ядра тяжелее изотопа ^{209}Bi, образуются в r-процессе. Это быстрый (опять-таки в сравнении со скоростью ядерного бета-

© Копытин И. В., Крыловецкая Т. А., Крыловецкий А. А., Забалуев И. С., 2022

распада) последовательный захват нескольких нейтронов. Он возможен только на катастрофических стадиях эволюции звезд. В настоящее время роль *r*-процессов довольно хорошо изучена и показано, что в нуклеосинтезе тяжелых ядер она существенна для этапа взрыва сверхновых.

Несмотря на успехи стандартной теории нуклеосинтеза, в рамках указанных выше процессов образование ряда изотопов не может быть объяснено. Они называются p-, или обойденными, ядрами и их больше трех десятков. В этих ядрах имеет место относительный избыток протонов и они бета-стабильны. Если основываться на картине *s*-процесса, то можно увидеть, что эти ядра возникли как бы без участия естественного бета-распада – каким-то образом он обойден. Анализ конкретных ситуаций показывает, что причиной его исключения из процесса синтеза является энергетический порог на предпоследнем этапе стандартного пути – захват нейтрона и цепочка последовательных бета-распадов. Поэтому главная задача теории синтеза *p*-ядер – предложить путь преодоления указанного энергетического порога, высота которого не мала и обычно составляет от 1 МэВ до 3 МэВ, а иногда и больше.

Наблюдаемые распространенности обойденных ядер, как правило, на два-три порядка меньше, чем у ядер, полученных в *s*- и *r*-процессах. Тем не менее, теоретически удовлетворительные количественные результаты для распространенностей всех *p*-ядер пока получить не удалось, хотя предлагались различные физические механизмы их синтеза в условиях квазиравновесных этапов эволюции звезд. Поэтому в последнее время стали активно разрабатываться модели образования *p*-изотопов в условиях *r*-процесса.

Моделирование процесса нуклеосинтеза в бинарных системах

Моделирование нуклеосинтеза в бинарных системах типа нейтронная звезда – нейтронная звезда или нейтронная звезда – черная дыра является одним из передовых в современной ядерной астрофизике. В настоящей работе моделируются реакции образования химических элементов за время поглощения нейтронной звезды черной дырой [1]. За основу процесса ядерного нуклеосинтеза был взят столкновительный бета-распад (СБР), позволяющий преодолеть вышеуказанный энергетический барьер, продолжить прерванную им бета-распадную цепочку и в итоге привести к появлению p-ядра. Можно исследовать роль нескольких видов этого процесса: протон-ядерные, нейтрон-ядерные и ядро-ядерные столкновения. В настоящем исследовании был рассмотрен бета-распад, стимулированный столкновением частицы с зарядовым числом Z с протоном или другой частицей с зарядовым числом Z'.

Аналитическое выражение для сечения такого процесса было получено в работе [2]:

$$\langle \sigma \cdot v \rangle = \left(\frac{8}{\pi \mu T^3} \right)^{1/2} \int_{\Delta+\Delta_f+1} \sigma_\beta^{(col)}(\beta_f) exp(-\varepsilon / T) d\varepsilon, \qquad (1)$$

где

$$\sigma_\beta^{(col)}(\beta_f) = \frac{4\sqrt{2}}{\pi} \frac{g_v^2 \alpha_e^4 Z(Z+1) Z'^4 \mu^{9/2}}{\varepsilon_i^{3/2}(1-exp(-2\pi\lambda_i))} \xi_\beta(\beta_f) \times \qquad (2)$$

$$\times \int_0^{\varepsilon_i - \Delta - \Delta_f} \frac{\Phi(E_f) d\varepsilon_f}{(exp(2\pi\lambda_f)-1) k_f (k_i - k_f)^4 (k_i + k_f)^2} \times$$

$$\times \int_{x_0}^{0} \frac{|F(-i\lambda_i, -i\lambda_f, 1; x)|^2}{(1-x)^2} dx,$$

$$x_0 = -4k_i k_f / (k_i - k_f)^2,$$

$$\Phi(E) = \frac{1}{60}(E^2-1)^{1/2}(2E^4 - 9E^2 - 8) + \frac{1}{4} E \ln(E + (E^2-1)^{1/2}),$$

$$E_f = \varepsilon_i - \varepsilon_f - \Delta - \Delta_f,$$

$$\lambda_i = \frac{ZZ'e^2\mu}{\hbar^2 k_i}, \lambda_f = \frac{(Z+1)Z'e^2\mu}{\hbar^2 k_f}.$$

Здесь индексы i и f отмечают начальное и конечное состояния столкновительной системы соответственно, $\hbar k_s$ – относительный импульс в состоянии столкновительной системы, μ – ее приведенная масса, Δ – пороговая энергия, определяемая разностью энергий связи дочернего (A,Z+1) и материнского (A,Z) ядер, Δ_f – энергия состояния дочернего ядра, отсчитанная от его основного состояния, α_e – постоянная тонкой структуры, g_v – бета-распадная константа, $g_v{}^2 \xi_\beta(\beta_f)$ – ядерный матричный элемент β-перехода $|\beta_i\rangle \to |\beta_f\rangle$, ε_s – энергия относительного движения в столкновительной системе, e – элементарный заряд.

Определенную проблему представляет расчет ядерных матричных элементов β-переходов. Он неизбежно связан с определенными

модельными предположениями о структуре ядерных состояний, между которыми осуществляется переход. В настоящее время надежной рассчетной схемы или универсальной модели ядра, позволяющей получить реалистичные волновые функции ядерных состояний, не существует, исключая простейшие случаи, например, зеркальных β-переходов. Ситуация станет еще более сложной, если рассматривать β-переходы из возбужденных состояний (или в возбужденные). Эти ядерные состояния могут быть самой разной природы, и здесь при расчете интегралов перекрытия ядерных волновых функций на β-распадном операторе ошибка может быть особенно велика. Поэтому мы для столкновительных β-переходов использовали значения экспериментальных матричных элементов, полученные из известных значений $\lg f_0 t$ так как в этом случае нередко ядро (A,Z+1), наряду с β^- – распадом, испытывает и естественный β^+ – распад $(A,Z+1) \rightarrow (A,Z)$ с известными значениями $\lg f_0 t$, что позволяет получить экспериментальные матричные элементы.

Моделирование нуклеосинтеза в неравновесных системах представляет собой достаточно сложную задачу, состоящую в решении огромного числа связанных нелинейных дифференциальных кинетических уравнений. Для описания эволюции астрофизических объектов и происходящих с ними событий необходимо учесть протекающие при этом ядерные реакции. Количество участвующих или образующихся в них нуклидов может составлять от тысяч до десятков тысяч, а число возможных реакций – сотни тысяч. Всю совокупность основных ядерных реакций, определяющих эволюцию звездного вещества, и всевозможные их связи можно рассмотреть на основе кинетической теории. Обычно при таком подходе астрофизический объект или объекты, участвующие в каком-либо событии, рассматриваются как однородная система частиц различных типов, которые в результате взаимодействий могут превращаться друг в друга. Решая численно систему кинетических уравнений, можно найти временную зависимость количества нуклидов каждого типа. Совокупность математических уравнений и вычислительных алгоритмов, позволяющая проследить временную эволюцию системы большого числа нуклидов, получила название Nuclear Reaction Network (NRW, сеть ядерных реакций).

В недавней работе [3] была реализована NRW в виде, получившим название SkyNet. Соответствующий программный пакет с открытым исходным кодом получил такое же наименование. Первоначально SkyNet разрабатывался с целью моделирования синтеза ядер в моделях r-

процесса, однако, благодаря своей модульной архитектуре и гибкости, данное программное обеспечение может быть использовано для решения и более общих задач астрофизики. SkyNet позволяет моделировать эволюцию системы, задавая произвольный набор изотопов и разнообразные ядерные реакции с их участием. В качестве библиотеки ядерных реакций используются данные формата открытой базы реакций JINA REACLIB [4].

Для включения реакций СБР в NRW программного пакета SkyNet необходимо вычислить параметры температурной зависимости их сечений для всех представляющих интерес изотопов и сформировать файл данных, описывающих соответствующие реакции в формате JINA REACLIB. Сечение каждой реакции было рассчитано для температур $T = T_9 \times 10^9 K$ с 24 значениями параметра T_9: 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0. Используя температурную зависимость найденных сечений процесса СБР, методом наименьших квадратов были найдены величины коэффициентов a_i для следующей параметризации температурной зависимости:

$$N_A \langle \sigma v \rangle = \\ = exp(a_0 + a_1 T_9^{-1} + a_2 T_9^{-1/3} + a_3 T_9^{1/3} + a_4 T_9 + a_5 T_9^{5/3} + a_6 ln T_9), \quad (3)$$

которая содержит семь параметров a_i, $i = 0 \quad i = 0,...,6$ (N_A – число Авогадро, $T_9 = T \cdot 10^{-9}$ К, T – температура среды).

Таблица

Примеры коэффициентов реакций СБР

$p + {}^{112}Cd \rightarrow {}^{112}In + p + e^-$		$p + {}^{130}Xe \rightarrow {}^{130}Cs + p + e^-$	
a_0	7.743250×10^1	a_0	8.953832×10^1
a_1	-1.283204×10^1	a_1	-1.880849×10^1
a_2	-3.479972×10^2	a_2	-3.395520×10^2
a_3	1.743615×10^2	a_3	1.454416×10^2
a_4	-4.165798×10^0	a_4	-2.214546×10^0
a_5	8.405687×10^{-2}	a_5	-4.313749×10^{-2}
a_6	-1.347518×10^2	a_6	-1.222853×10^2

Заключение

Для всех рассмотренных реакций СБР с использованием найденных коэффициентов a_i подготовлены описания в формате библиотеки REACLIB. Полученные результаты для СБР были также включены в сеть реакций, протекающих при слиянии нейтронной звезды и черной дыры, и могут использоваться далее при вычислениях в пакете SkyNet.

Список литературы

1. Foucart, Francois. Neutron star-black hole mergers with a nuclear equation of state and neutrino cooling: Dependence in the binary parameters [Текст] / Francois Foucart, M. Brett Deaton // Phys. Rev. D.—2014.—Vol. 90.
2. Копытин И.В. Столкновительный β-распад ядер в кулоновском поле и проблема происхождения обойденных изотопов / И.В.Копытин, Т.А.Крыловецкая // Ядерная физика.- 1998.- Т.61.- №9.- С. 1589-1599.
3. Lippuner, Jonas. r-Process Nucleosynthesis in Neutron Star Mergers with the New Nuclear Reaction Network SkyNet [Текст] : Ph. D. thesis / Jonas Lippuner ; California Institute of Technology. — [S. l. : s. n.], 2018.
4. The jina reaclib database: Its recent updates and impact on type-I X-ray bursts [Текст] / R. H. Cyburt, A. M. Amthor, Z. Meisei, S. Warren // The Astrophysical Journal Supplement Series. — 2010.

Компьютерные технологии оптимизации систем экологического мониторинга техногенно нагруженной территории

Л. Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru [2]
А. А. Громковский [1]

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
[2] ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

Аннотация. *В статье рассматриваются современные компьютерные технологии, использующиеся для обеспечения экологического мониторинга и оценки техногенного воздействия на окружающую среду.*

Ключевые слова: *Компьютерные технологии, экологический мониторинг, моделирование, загрязнение.*

Введение

Мониторинг окружающей среды развивался параллельно с внедрением автоматизированных систем в практику охраны окружающей среды, экологического контроля и другие природоохранные деятельности еще в 70-е – 80-е годы прошлого столетия.

В этот период рядом ведущих отечественных и зарубежных научных организаций было проведено обоснование организационных, информационных и технических аспектов реализации автоматизированных систем применительно к решению задач мониторинга состояния окружающей среды [1, 4, 5].

Результаты исследования

Компьютерное программное обеспечение экологического мониторинга и оценки техногенного воздействия на окружающую среду перед широким внедрением в практику использования природоохранными организациями и предприятиями должно проходить соответствующую государственную экспертизу [2, 3, 6, 7].

Анализ программного обеспечения отечественного происхождения в экологической области показал, что большое распространение получили в настоящее время программные продукты «Эколог».

К ним относятся следующие программные продукты.

© Костылева Л. Н., Громковский А. А., 2022

Единственным утвержденным законодательством методическим документом для подобных расчетов является ОНД 86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (утв. Госкомгирометом СССР 04.08.1986 № 192; далее – 86).

Данная программа используется для моделирования концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, определения величин вкладов в загрязнение атмосферного воздуха, как отдельных источников, цехов, так и производств. Результаты проведенных расчетов выводятся в табличном виде и в виде карты полей приземных концентраций загрязняющих веществ, которые изображены на фоне топоосновы местности.

Эта методика очень объемная, но несмотря на это, она всего лишь дает рекомендации для проведения расчетов. В связи с этим, еще в 1970-е гг. начала модернизироваться, и была создана, так называемая, УПРЗА – унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы. В настоящее время экологами используются многие действующие УПРЗА, все они основаны на положениях ОНД 86.

Самой распространенной программой является «ПДВ – Эколог» (разработана фирмой «Интеграл» (г. Санкт-Петербург)), она автоматизирует подготовку и выпуск таблиц проектов нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ).

Программа «Инвентаризация» предназначена для проведения инвентаризации источников выбросов вредных веществ в атмосферу, которые постоянно или временно эксплуатируются или находятся на объекте, оказывающем негативное влияние на окружающую среду. Инвентаризация выявляет и учитывает источники загрязнения атмосферы, определяет качественные и количественные характеристики выбросов загрязняющих веществ.

Программа выполняет:

– инвентаризацию источников загрязнения атмосферы и их выбросов;

– инвентаризацию пыле-газоулавливающих установок и очистного оборудования;

– подготовку карты-схемы объекта с нанесением порядковых номеров ИЗА (включая многоразрядные номера), границы территории, ССЗ, ближайшей застройки, всех зданий и сооружений;

– формирование соответствующих таблиц для пояснительной записки.

Широко используются программы «2-ТП (воздух)» и «2-ТП (отходы)», обеспечивающие формирование отчетов по соответствующим формам и их распечатку.

В экологических исследованиях также применяется программа «справочник веществ», которая содержит полную информацию о веществах, загрязняющих воздушный бассейн: информацию о предельно-допустимых концентрациях (ПДК), ориентировочных безопасных уровнях воздействия (ОБУВ), а также классах опасности загрязняющих веществ.

Эта программа позволяет:

– просмотреть вещества в алфавитном порядке и в порядке возрастания кодов;

– просмотреть вещества в общем списке или по группам;

– вывести на экран или распечатать как полный список веществ, так и только выбранные вещества;

– передать информацию об интересующих отдельных веществах в рабочий справочник веществ УПРЗА «Эколог», программы «ПДВ-Эколог» или программы «Инвентаризация».

Такая программа как «ППА» (Прогноз последствий аварий) выполняет прогноз последствий аварийных выбросов сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) в атмосферу на основе «Методики прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» (РД-52.04.253-90).

При оперативном прогнозе последствий аварии с помощью программы можно быстро получить характеристики зоны возможного заражения и определить время подхода облака, выбрасываемого в результате аварии. Расчеты при оперативном прогнозе проводятся с учетом метеоусловий на момент аварийной ситуации. Такой заблаговременный прогноз, проводимый программой, позволяет оценить допустимость размещения производств, трубопроводов, направления транспортировки и т.п. с точки зрения снижения последствий возможных аварий.

Такое разнообразие программного обеспечения обусловлено большим количеством разноплановых задач обработки результатов наблюдением за состоянием окружающей среды, полученных с помощью локальных и дистанционных методов экологического мониторинга.

Все вышеперечисленные программные продукты стали основой для создания автоматизированной системы экологического мониторинга города «Эколог-город», которая может обеспечить:

– создание компьютерного городского банка данных о качестве атмосферного воздуха на предприятиях;

– создание и работу электронной топографической карты города (региона) с нанесенными на нее полями приземных концентраций вредных веществ, выбрасываемых в воздушный бассейн различными предприятиями и автотранспортом;

– определение качества атмосферного воздуха региона или его отдельного района расчетным путем, определение вкладов в загрязнение атмосферы отдельных предприятий, а также может проводить оценку эффективности запланированных природоохранных мероприятий.

На нижнем уровне экоинформационной системы для хранения данных о состоянии окружающей среды используются различные системы управления базами данных (СУБД). Простейшей базой данных является обычный лист электронной таблицы, например, MS Excel, состоящий из столбцов и строк и содержащий структурированный информационный массив. Подобные электронные таблицы используются в большинстве программных продуктов, связанных с обработкой и анализом данных. Каждое наблюдение состоит из набора переменных, которые могут содержать различную численную и текстовую информацию. Данные в электронной таблице могут иметь различные форматы, например даты , времени и др.

При организации баз данных системы экологического мониторинга уровня загрязнения необходимо учитывать требования к информационному обеспечению (полнота данных, достоверность, технологичность, защищенность, стандартизация информации, своевременность).

Рассмотрим пример организации базы данных «атмосферный воздух» по этапам проектирования автоматизированных информационных систем.

Определение входной информации и формата ее представления в базе продемонстрировано в табл. 1.

Периодичность ввода информации – еженедельная.

Далее определяют алгоритм обработки.

Для того чтобы проанализировать информацию необходимо определение средней концентрации вредного вещества, среднеквадратического отклонения, максимальной и минимальной концентрации, кратности превышения ПДК (средней и максимальной), числа выполненных анализов, числа анализов с превышением ПДК, удельного веса анализов ПДК.

Таблица 1

Демонстрация входной информации

Входная информация	**Формат ее представления**
дата отбора пробы	ЧЧ.ММ.ГГ
время отбора пробы	ММ.ГГ
точка отбора пробы (номер поста или адрес)	#####
административный район или обследуемая территория	#####
исследуемый источник загрязнения (автотранспорт, промышленность и др.)	#####
наименование вещества	#####
Максимально-разовая концентрация (в мг/м^3)	#####

Следующим этапом является определение нормативно-справочной информации.

Для использования алгоритмов обработки необходима справочная информация о загрязняющих веществах, т.е. наименование вещества, ПДК $_{м.р.}$, ПДК $_{с.с.}$, ПДК $_{р.з.}$, класс опасности.

Выходные формы представления обработанной информации и их количества предложены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Форма №1

(анализ по отдельному веществу в территориальном разрезе)

Входные данные	**Выходные данные**
Период с	09.06.21
Вещество	формальдегид
Лимитирующий показатель	ПДК $_{с.с.}$
ПДК, мг/м^3	0,003
Класс опасности	2

Таблица 3

Форма №1
(анализ по всем веществам по отдельной территории)

Входные данные	**Выходные данные**		
Период с	09.06.21	по	31.08.21
Территория	Территория №1		
Лимитирующий показатель	ПДК $_{с.с.}$		
ПДК, мг/м^3	0,003		
Класс опасности	2		

На среднем этапе работы системы, чтобы проанализировать информацию о состоянии окружающей среды можно использовать географические информационные системы (ГИС). Такие системы могут обеспечивать вход, хранение, обработку, анализ, также они позволяют упорядочить выдачу информации для принятия управленческих природоохранных решений.

ГИС обеспечивает не только обработку различных географических данных, но и связь с базами данных.

Развитие и применение таких ГИС-технологий, возможно на базе использования как воздушных, так и наземных передвижных станций. Подобные комплексы уже решают различные задачи, например:

– прогнозирование времени начала и степени опасности стихийных бедствий, аварийных ситуаций и техногенных катастроф;

– контроль динамики аварий и катастроф, в том числе и в сложных метеоусловиях, и выдача информации для принятия управленческих решений;

– оценка последствий аварий и катастроф для промышленных центров, сельскохозяйственных и лесных угодий и т.д.

Кроме выше перечисленного, ГИС-технология дает возможность решать различные задачи мониторинга территорий крупных промышленных городов.

Заключение

Таким образом, современные средства мониторинга за состоянием окружающей среды и обеспечивающие их информационные системы являются сложными многорежимными распределенными системами. В таких системах выполняется совместная обработка сложно организованных данных. Поэтому они, по всей видимости, должны создаваться на основе современных информационных технологий, которые будут обеспечивать необходимое повышение уровня

информационной и интеллектуальной поддержки. Сложности информатизации при решении различных экологических задач принимают фундаментальный характер в связи с широким применением локальных и глобальных вычислительных сетей.

Список литературы

1. Геоинформатика: учебник для вузов. В 2 кн. / под ред. В. С. Тикунова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2008. – 362 с.

2. Горелик, Д. О. Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы / Д. О. Горелик, Л. А. Конопелько, Э. Д. Панков. – Санкт-Петербург, 1998. – 592 с.

3. Информационные проблемы изучения биосферы. Математическое моделирование природных систем. Геоинформационные центры. – М. : Наука, 1992. – 192 с.

4. Негробов, О. П. Экологические основы оптимизации и управления городской средой. Экология города. – Учебное пособие. / О. П. Негробов, Д. М. Жуков, Н. В. Фирсова. – Воронеж : Воронежск. гос. ун-т, 2000. – 272 с.

5. Организация компьютерного мониторинга и оценка медико-экологической ситуации в г. Воронеже / О. В. Клепиков, Н. П. Мамчик, Н. Т. Барвитенко и др. – Воронеж : Воронежск. гос. ун-т, 1995. – 84 с.

6. Социально-гигиенический мониторинг в Воронежской области. Информационно-аналитические аспекты / М. И. Чубирко, Н. П. Мамчик, С. А. Куролап, О. В. Клепиков и др. – Воронеж : Воронежск. гос. ун-т, 1997. – 364 с.

7. Цветков, В. Я. Геоинформационные системы и технологии. – М. : Финансы и статистика, 1997. – 284 с.

Модель оценки заряда облаков и осадков по радиолокационным данным

И. Е. Кузнецов, e-mail: vaiumet@mail.ru
Д. В. Булгин, e-mail: d.bulgin77@yandex.ru
В. С. Волков

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *На основе данных, получаемых от метеорологических радиолокационных станций предлагается модель оценки заряженных аэрозольных частиц облаков и осадков.*

Ключевые слова: *электрический заряд облаков и осадков, электрически активные зоны, заряженные аэрозольные частицы.*

Введение

Интенсивное использование новых композитных материалов для воздушных судов, а также развитие различных систем навигации и управления, требует предоставления детальной информации о состоянии атмосферы, в том числе и об электрически активных зонах (ЭАЗ), которые могут оказывать негативное влияние на их работоспособность и безопасность полетов.

В настоящее время процесс получения данных о заряде атмосферного аэрозоля основан на использовании технических средств, которые устанавливаются на воздушных судах, аэростатах, либо входят в состав зондов при производстве аэрологических наблюдений [1, 2]. Данные контактные способы обладают следующими недостатками: низкой временной дискретностью; малым объемом пространства, в котором производятся измерения; изменением измеряемых параметров, обусловленным влиянием самих средств измерения на характеристики частиц облаков и осадков; сложностью получения и передачи информации о полях электрических характеристик. Перечисленные недостатки затрудняют получение актуальной информации об электрических параметрах атмосферы.

Таким образом, необходимо разработать способ выявления ЭАЗ, который отличался бы необходимой достоверностью и репрезентативностью. Для решения поставленной задачи следует использовать радиолокационные данные для обнаружения ЭАЗ.

© Кузнецов И. Е., Булгин Д. В., Волков В. С., 2022

В настоящей работе проводилось изучение особенностей рассеяния электромагнитных излучений заряженными аэрозольными частицами атмосферы с целью выявления и оценки возможности применения метеорологических радиолокационных станций для обнаружения ЭАЗ и определения величины электрического заряда облаков и осадков.

Разработка способа

При определении заряда аэрозольных частиц, содержащихся в импульсном объеме, необходимо найти величину их проводимости, которая связана с коэффициентами преломления и поглощения следующим соотношениям [1].

$$(1)\ 2np = 60\lambda\gamma \tag{1}$$

$$(2)\ j = \gamma E = \rho V \tag{2}$$

где ρ – заряд исследуемого объема, V – скорость перемещения заряда, E – напряженность электрического поля.

Используя результаты, полученные в [2, 3], можно определить скорость движения зарядов по поверхности частицы:

$$(3)\ V = \frac{e \cdot E}{m \cdot w} \tag{3}$$

Преобразуем данное уравнение:

$$(4)\ \rho = \frac{n \cdot p \cdot m \cdot 2\pi \cdot c}{30 \cdot \lambda^2 \cdot e} = K \frac{n \cdot p}{\lambda^2} \tag{4}$$

где $K = \frac{2\pi \cdot c \cdot m}{30e} = 0{,}0397$ – постоянный коэффициент.

Используя мощности электрической и магнитной составляющих электромагнитного сигнала, отраженного от исследуемого облачного объема, можно определить n и p, которые связаны между собой следующими соотношениями:

$$(5)\ \frac{\overline{P}_M}{\overline{P}_Э} = \frac{K_M^2}{K_Э^2} \frac{n^2 + p^2}{Z_0^2} \tag{5}$$

где $\overline{P}_M$ и $\overline{P}_Э$ – средние мощности электромагнитных волн, Z_0 – волновое сопротивление среды, K_M и $K_Э$ – коэффициенты пропускания магнитного и электрического каналов соответственно.

Рассматриваемые величины K_M и $K_Э$ имеют одинаковые значения, поэтому в расчетах их не будем использовать.

Для точного нахождения n и p необходимо второе уравнение. Поэтому будем использовать фазовое различие между электрической и магнитной составляющими электромагнитного сигнала. Подав напряжения $\dot{u}_{Э}(t)$ и $\dot{u}_{M}(t)$ на усилители-ограничители, чтобы исключить влияние величины этих напряжений на напряжение на выходе фазового детектора, получим:

$$\dot{u}_{0Э}(t) = \dot{U}_0 e^{j\omega t}, \tag{6}$$

$$\dot{u}_{0M}(t) = \dot{U}_0 e^{j(\omega t - arctg\frac{p}{n})}. \tag{7}$$

Если подать эти напряжения на вход фазового детектора, на его выходе получим:

$$\dot{u}_{ФД} = U_0 e^{-jarctg\frac{p}{n}}, \tag{8}$$

где U_0 – амплитудное значение напряжения на выходе амплитудного ограничителя; $\dot{u}_{ФД}$ – комплексное значение напряжения на выходе фазового детектора.

Взяв реальную часть выражения (8), получим:

$$u_{ФД} = U_0 cos(arctg\frac{p}{n}). \tag{9}$$

Известно, что $arctg\frac{p}{n} = \phi$, тогда:

$$cos\phi = \frac{u_{ФД}}{U_0} \text{ и } \sin\phi = \sqrt{1 - \left(\frac{u_{ФД}}{U_0}\right)^2} \tag{10}$$

Второе уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{p}{n} = \frac{\sqrt{1 - \left(u_{ФД} / U_0\right)^2}}{u_{ФД} / U_0} = tg\phi \tag{11}$$

Решив уравнения (5) и (11) относительно n и p, получим:

$$n = \sqrt{\frac{\overline{P_M}}{\overline{P}_Э}} Z_0 \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\phi}}, \tag{12}$$

$$p = \sqrt{\frac{\overline{P_M}}{P_Э}} Z_0 \frac{tg\phi}{\sqrt{1+tg^2\phi}}. \quad (13)$$

Следовательно, величина заряда импульсного объема облачности или осадков будет определяться формулой:

$$\rho_{имп} = \frac{npm2\pi c}{30\lambda^2 e} = K\frac{1}{\lambda^2}\frac{\overline{P_M}}{P_Э}\frac{tg\phi}{1+tg^2\phi} \quad (14)$$

где $K = \frac{2\pi \cdot c \cdot m \cdot Z_0^2}{30e} = 5636,54 \ \ Кл/м$ – постоянный коэффициент.

Заряд единичного объема облачности или осадков будет определяться выражением:

$$Q = K\frac{1}{\lambda^2}\frac{\overline{P_M}}{P_Э}\frac{tg\phi}{1+tg^2\phi}\frac{1}{W} \quad (15)$$

(6)где W – импульсный объем облачности или осадков.

Заключение

Предлагаемый метод оценки заряда облаков и осадков возможно использовать без калибровки метеорологических радиолокаторов, что позволит снизить аппаратные погрешности измерений рассматриваемых величин. Кроме того, данный метод можно использовать в автоматизированных радиолокационных комплексах, что позволит производить замеры величины объемного заряда атмосферы в любых промежутках времени. Данная информация позволит более детально определять ЭАЗ в атмосфере, что позволит повысить безопасность полетов воздушных судов в условиях конвективной неустойчивости.

Список литературы

1. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. М.: Сов. Радио, 1960. – 27 с.

2. Билетов М. В., Кузнецов И. Е., Климчук С. В. Модель радиолокационной оценки электрической активности метеорологических объектов в атмосфере. / Сб. науч. ст. по материалам Международной НТК «Проблемы техносферной безопасности». Воронеж, ВГТУ, 2015. С. 115-116.

3. Bohren C. F., Hunt A. J. Scattering of electromagnetic waves by a charged sphere // Can. J. Phys. – Vol. 55. – 1977. – P. 1930-1935.

Фрактальная модель формирования облачных систем с использованием дробных дифференциальных и интегральных операторов

И. Е. Кузнецов, e-mail: vaiumet@mail.ru
С. Л. Кирносов, e-mail: slk_met@mail.ru
Д. Б. Долгих, e-mail: deendolgij@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе построена модель формирования облачных систем конвективного происхождения, основанная на использовании техники дробного интегро-дифференцирования, с применением фрактальных свойств и свойств эредитарности атмосферных процессов.*

Ключевые слова: *авиационная метеорология, конвективная облачность, детерминированный хаос, фракталы, устойчивость систем, дробное интегро-дифференцирование, эредитарность.*

Введение

В настоящее время опасные явления погоды конвективного происхождения продолжают оказывать негативное влияние на эффективность и безопасность полетов авиации. Существующие прогностические способы таких явлений, как кучево-дождевая и мощная кучевая облачность, не всегда в полной мере дают требуемую информацию авиационному потребителю. Это связано с наличием неустранимой в пространстве и во времени метеорологической неопределенности, а также с несовершенством тех или иных прогностических методик применительно к конкретным физико-географическим районам.

Если применить системный подход к рассмотрению полетов авиации, то можно выделить авиационную систему (АС), состоящую из таких элементов, как летчик, воздушное судно, окружающая среда (метеоусловия). Функционирование такой АС представляет собой очень сложный процесс, который должен учитывать и уровень подготовки летчика, и конструктивные особенности воздушного судна, и метеоусловия в целом. Все элементы АС связаны нелинейными соотношениями, что приводит к необходимости использования теории детерминированного хаоса и теории фракталов.

© Кузнецов И. Е., Кирносов С. Л., Долгих Д. Б., 2022

Существующие прогностические конвективные модели и методики ограничены термодинамическими аспектами процессов вертикального смешивания в условиях горизонтально-однородных характеристик. В рамках этих одномерных моделей скорость ветра, крупномасштабная дивергенция и адвективные изменения метеовеличин рассматриваются в качестве входных параметров, имеющих постоянное значение. В то же время взаимодействие между динамическим и термодинамическим полями в рамках этих моделей практически не учитывается. Также в вышеуказанных моделях не учитываются фрактальные свойства и генезис образования облачных систем, а также свойства эредитарности (т.е. свойства сохранения памяти о предыдущих состояниях) атмосферы в целом [1–3].

Необходимо отметить, что эредитарность в широком смысле является антонимичным понятием по отношению к понятиям фрактальность и хаотичность. Действительно, траектории хаотической системы не зависят от начального состояния, в то же время, как показывают многочисленные наблюдения, динамические свойства локальных атмосферных образований существенно зависят от своей предыстории [4, 5]. Таким образом, учет свойства эредитарности, а также его влияния на динамику атмосферных процессов, может быть произведен посредством модернизации классических моделей с помощью предположения о фрактальности.

Значительное количество существующих реальных метеорологических процессов не укладывается в стандартные представления механики сплошной среды и требует привлечения новых сведений о фрактальной природе среды, в которой эти процессы происходят. К схожим процессам относятся, например, диффузия примесей в грунте, распространение тепла в аэрозолях и т.д. Для их модельного описания привлекается модифицированный соответствующим образом закон Фика (Фурье), что требует, в свою очередь, использования математического аппарата дробного интегро-дифференциального исчисления [1–3].

Целью работы является повышение качества прогностической метеорологической информации об опасных явлениях погоды конвективного происхождения на основе построения фрактальной модели формирования облачных систем с использованием дробных дифференциальных и интегральных операторов.

1. Техника дробного интегро-дифференцирования

Существует несколько неэквивалентных подходов к определению дробных интегральных и дифференциальных операторов; наибольшее распространение среди них, однако, получили односторонние операторы

Римана-Лиувилля. Дробные интегралы Римана-Лиувилля порядка α определяются выражениями

$$(I_{a+}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x f(\xi)(x-\xi)^{\alpha-1} d\xi, \; x > a,$$
$$(I_{b-}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b f(\xi)(\xi-x)^{\alpha-1} d\xi, \; x > b. \tag{1}$$

Здесь и далее $\Gamma(\alpha)$ – стандартное обозначение для интеграла Эйлера второго рода (гамма-функция). Первый из них называется левосторонним, второй – соответственно, правосторонним. Эти конструкции определены для функций из пространства абсолютно интегрируемых на отрезке $[a, b]$, существуя почти всюду [1–3]. Дробные производные Римана-Лиувилля определяются соотношениями

$$(D_{a+}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dx^n} \int_a^x f(\xi)(x-\xi)^{n-\alpha-1} d\xi,$$
$$(D_{b-}^{\alpha} f)(x) = \frac{(-1)^n}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dx^n} \int_x^b f(\xi)(\xi-x)^{n-\alpha-1} d\xi, \tag{2}$$

где $n = [\alpha] + 1$. Представленные конструкции являются аналитическими продолжениями дробных интегралов в область $\alpha < 0$.

Определения дробного интегрирования и дифференцирования легко распространяются со случая конечного отрезка на случай бесконечного промежутка; при этом рассматриваемые функции должны удовлетворять некоторым дополнительным требованиям, связанным с поведением на бесконечности, чтобы соответствующие несобственные интегралы сходились. Дробные интегралы Римана-Лиувилля на всей числовой оси вводятся соотношением типа свертки [1–3]:

$$(I_{\pm}^{\alpha} f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} f(x \mp \xi) \xi^{\alpha-1} d\xi. \tag{3}$$

Производные дробного порядка вводятся аналогичным образом:

$$(D_{\pm}^{\alpha} f)(x) = \frac{d}{dx^n} (I_{\pm}^{n-\alpha} f)(x). \tag{4}$$

Физический смысл дробного дифференцирования и уравнений, содержащих производные нецелого порядка, зависит от конкретной физической системы и задачи на рассмотрение процессов в ней. Однако

общим свойством всех систем, описываемых посредством дифференциальных уравнений дробного порядка, является наличие свойства эредитарности (наличие памяти).

2. Построение фрактальной модели генезиса облачных систем

В модели генезиса конвективных облачных систем, учитывающая фрактальные свойства атмосферы на основе аппарата дробного интегро-дифференцирования горизонтальная компонента вектора градиента давления является одним из базовых параметров, определяющих фрактальные свойства облачных образований, в том числе – и над поверхностью океана. Неравномерное нагревание земной поверхности, а также вихревые процессы в приповерхностном слое приводят к пространственно изменяющемуся значению горизонтальной компоненты градиента давления, которая, в свою очередь, оказывает влияние на динамику потоков в приповерхностном слое.

Холодный сухой приповерхностный слой моделируется как прозрачный смешанный слой, в котором турбулентные свойства поддерживаются посредством конкуренции вязких сил поверхностного трения и сил инерции, связанных с активными атмосферными движениями. Схематические профили потенциальной температуры θ и соотношения смешивания q представлены на рис. 1.

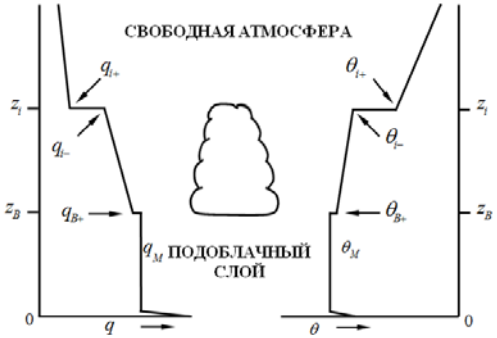


Рис. 1. Схематические профили распределения потенциальной температуры и соотношения смешивания

Конвективно-неустойчивый приповерхностный слой моделируется либо как прозрачный смешанный слой, либо как слой, заполненный облачными образованиями. Положения модели для прозрачного смешанного слоя отвечают классической парадигме: импульс и консервативные термодинамические параметры предполагаются либо постоянными, либо слабо зависящими от вертикальной координаты.

Положения модели для слоя, заполненного облачными образованиями, следующие: приповерхностный слой подразделяются на подоблачный хорошо смешанный слой и неглубокий кучевой слой, в котором импульс и консервативные термодинамические параметры линейно распределены по вертикальной координате.

В ситуации, когда происходит насыщение кучевой среды, приповерхностный слой может быть интерпретирован как слой, ограниченный по вертикали слоисто-кучевой облачностью верхнего яруса. Турбулентные потоки в верхней части тонкого поверхностного слоя параметризуются посредством граничных условий. Все параметризованные потоки в пограничном слое ограничены тонким инверсионным слоем.

В представленной формулировке нижняя часть свободной атмосферы определяет верхнее граничное условие для приповерхностного слоя, соответствующее граничным условиям на импульс, тепловые потоки и влажность. Не зависящая от времени потенциальная температура, влажность, давление и горизонтальная компонента градиента давления фиксируются на «эталонном» уровне выше слоя инверсии. Вертикальные компоненты градиента потенциальной температуры и влажности в свободной атмосфере также полагаются постоянными. Таким образом, условия на верхней границе приповерхностного слоя могут быть относительно легко идентифицированы. Соответствующая горизонтальная компонента градиента давления в верхней части приповерхностного слоя может быть получена с использованием гидростатического соотношения. Эта трактовка свободной атмосферы связана с необходимостью учета фрактальных свойств поля распределенной плотности в приповерхностном слое и, в свою очередь, влияние этой характеристики на горизонтальную компоненту градиента давления [1–3].

Поскольку приповерхностный слой может включать в себя как свободные облачные образования, так и различные атмосферные неоднородности, согласованный набор термодинамических параметров, который является консервативным как в сухих, так и влажных адиабатических процессах выбирается в качестве набора переменных подлежащих идентификации.

Для прогноза содержания влаги в приповерхностном слое общее соотношение смешивания q_w для воды определяется следующим образом:

$$q_w = q \ - \text{для ситуации ненасыщенности}, \ q < q_s , \tag{5}$$

$$q_w = q_s + q \ - \text{для насыщения}, \ q < q_s , \tag{6}$$

где q представляет собой соотношение смешивания для системы пар-вода, q_s является соотношением смешивания в случае насыщения, q_l – соотношение смешивания для системы облако-жидкость.

Эквивалентная потенциальная температура θ_e используется в качестве консервативной переменной, чтобы обеспечить идентификацию суммарной тепловой энергии (явное и скрытое тепло) и потенциальной энергии в приповерхностном слое. Линеаризованная форма θ_e в условиях слабых конвективных движений может быть определена как

$$\theta_e = \theta + \frac{L}{C_p} q, \tag{7}$$

где θ – потенциальная температура, L – удельная теплота парообразования, C_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении.

В простейшем случае прозрачного смешанного слоя, горизонтальные составляющие атмосферных движений u_M, v_M, эквивалентная потенциальная температура $(\theta_e)_M$ и общее соотношение смешивания для воды $(q_w)_M$ принимаются постоянным величинами по вертикальной координате. Скорость нагрева H_R (как длинноволнового, так и коротковолнового) также предполагается постоянной. Ограничение, накладываемое на турбулентные потоки u, v, θ_e, q_w, предполагает их линейное изменение с высотой в приповерхностном слое. Таким образом, уравнения динамики для u_M, v_M, $(\theta_e)_M$, $(q_w)_M$, а также для глубины смешанного слоя z_I, с учетом фрактальных свойств могут быть записаны в виде [1–3]:

$$D_t^{\alpha} u + u\frac{\partial u}{\partial x} = fv + \frac{1}{z_1}\int_0^{z_1}\left(-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\right)dz + \frac{(F_u)_0 - (F_u)_{I-}}{\overline{\rho} z_I} + K\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \tag{8}$$

$$D_t^{\alpha} v + u\frac{\partial v}{\partial x} = -fu + \frac{1}{z_1}\int_0^{z_1}\left(-\frac{1}{\rho}\frac{dp}{dy}\right)dz + \frac{(F_v)_0 - (F_v)_{I-}}{\overline{\rho} z_I} + K\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, \tag{9}$$

$$D_t^{\alpha}\theta_e + u\frac{\partial \theta_e}{\partial x} = \frac{\left(F_{\theta_e}\right)_0 - \left(F_{\theta_e}\right)_{I-}}{\overline{\rho} z_I} + H_R + K\frac{\partial^2 \theta_e}{\partial x^2}, \tag{10}$$

$$D_t^{\alpha} q_w + u\frac{\partial q_w}{\partial x} = \frac{\left(F_{q_w}\right)_0 - \left(F_{q_w}\right)_{I-}}{\bar{\rho} z_I} + K\frac{\partial^2 q_w}{\partial x^2}, \qquad (11)$$

$$D_t^{\alpha} z_I + u\frac{\partial z_I}{\partial x} = \left(w\right)_{I-} + \left(w_e\right)_I + K\frac{\partial^2 z_I}{\partial x^2}, \qquad (12)$$

$$D_t^{\alpha} z_I + u\frac{\partial z_I}{\partial x} = \left(w\right)_{I-} + \left(w_e\right)_I + K\frac{\partial^2 z_I}{\partial x^2}. \qquad (13)$$

где индексы 0, I, $I-$ отвечают поверхности, слою инверсии и основанию инверсионного слоя соответственно.

Для упрощения записи индекс M в уравнениях (4)-(8) опущен. Кроме того, предполагается, что горизонтальная ось *x* выбрана в качестве направления, отвечающее преимущественному направлению движения воздушных масс. Также отметим, что временные масштабы рассматриваемых в рамках модели процессов таковы, что преимущественное направление может быть рассмотрено в качестве консервативной характеристики. Параметр f соответствует параметру Кориолиса; ρ – плотность воздуха, а $\bar{\rho}$ является средним значением плотности в смешанном слое. Вертикальный турбулентный поток ($\overline{\rho\varphi' w'}$) при любом значении предсказываемой переменной φ обозначается F_{φ}. Второе слагаемое в правых частях (11) и (12) – есть проинтегрированная по вертикальной координате горизонтальная компонента градиента давления. Глобальное значение вертикальной компоненты вектора скорости в пространственной области основания инверсного слоя (получаемое в рамках разрабатываемой модели) $\left(w\right)_{I-}$ определяется значением горизонтальной компоненты вариации параметра u_M. Параметр $\left(w_e\right)_I$ есть скорость турбулентного захвата в слое инверсии. Диффузионные слагаемые (пропорциональные второй пространственной производной) в каждом из прогностических уравнений введены с целью частичного учета процессов мелкомасштабного смешивания (отметим также, что эти слагаемые отвечают учету процессов вязкого трения в приповерхностном слое). Эти же слагаемые используются для обеспечения вычислительной устойчивости вышеуказанной алгоритмической реализации рассматриваемой системы уравнений.

Поскольку потенциально более теплый и сухой воздух с различными динамическими характеристиками захватывается в смешанном слое, турбулентные потоки в области базы инверсии связаны как со скоростью

захвата $(w_e)_I$, так и со скачком параметра $(\Delta\varphi)_I = (\varphi_{I+} - \varphi_M)$ по всему слою инверсии с помощью соотношения:

$$\left(F_\varphi\right)_{I-} = -\rho_{I-}\left(w_e\right)_I\left(\Delta\varphi\right)_I, \qquad (14)$$

где роль φ может играть любая из величин u, v, θ_e или q_w. Нижний индекс $I+$ относится к верхней части слоя инверсии. Для замыкания системы модельных уравнений интенсивность процесса вовлечения должна быть параметризована надлежащим образом.

Фрактальная модель приповерхностного слоя может быть получена как двумерное (x,z) обобщение рассматриваемой выше модели для случая горизонтального переноса идеализированного холодного сухого потока в приповерхностном слое в присутствии температурно-разнородных устойчивых образований.

Горизонтальная составляющая области моделирования имеет протяженность 1600 км: область между $x = -400$ км и $x = 0$ км отвечает земной поверхности, тогда как поверхность моря простирается от $x = 0$ км до $x = 1200$ км. Значение геострофического ветра принимается равным $u_g = 10$ м/с на эталонном уровне (4 км). Температура земной поверхности предполагается равной 273 К, в то время как температура поверхности моря принимается равной 283 К.

Начальные значения потенциальной температуры θ_M во всех точках равны θ_0 – температуре поверхности земли. Начальные и граничные атмосферные условия – параметры фрактальной модели: $\partial\theta/\partial z$ = 7 К/км; $\partial q/\partial z$ = -0,075 г/(кг.км); $\partial\theta/\partial x$ = 0; $\partial q/\partial x$ = 0; u_g = 10 м/с; $p_R = 616{,}15$ м; $(\partial p/\partial x)_R = 0$; $\theta_R = 273(283)$ К; $\theta_{I+} = 278$ К; $\theta_M = 271$ К; $z_I = 500$ м; $q_{I+} = 0{,}6625$ г/кг; $q_M = 2$ г/кг; $\tau_{abj} = 6$ часов; $C_{drag} = 1$; $r/\Delta z = 0{,}4$; $C_w = 0{,}3$; $\Delta x = 2$; $\Delta t = 20$ с; $K = 2{,}5\cdot 10^5$ м2/с.

Численное интегрирование осуществляется с шагом по времени 20 с. Решение с использованием фрактальной модели демонстрирует асимптотическую устойчивость по времени и сходимость к квазистационарному решению, а представляемые численные результаты для характеристик получены для времени моделирования $T = 55{,}56$ часов (10000 шагов по времени). Численные результаты, демонстрирующие динамику наблюдаемых параметров θ и q_w представлены на рис. 2.

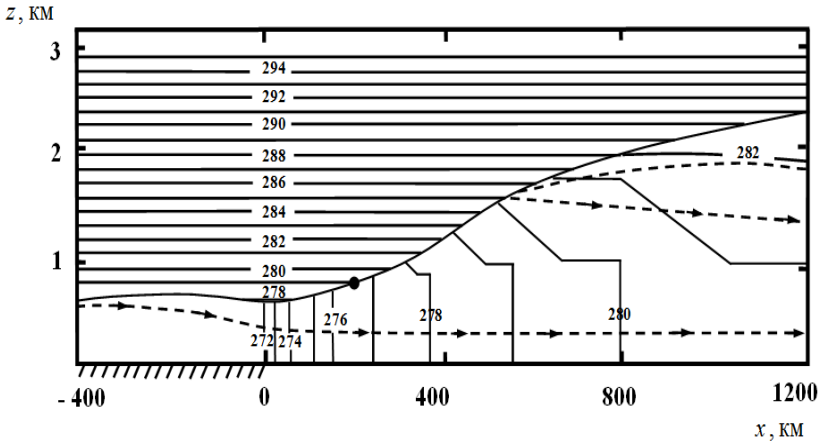


Рис. 2. Вертикальные сечения температурных профилей в нижней части свободной атмосферы, а также моделируемого приповерхностного слоя

Заключение

Таким образом, учет фрактальной структуры кучевых облаков на модельном уровне (с использованием техники дробного интегро-дифференцирования) позволяет достаточно точно и адекватно описывать генезис облачных структур, и, как следствие – заблаговременно предсказывать опасные явления погоды на мезомасштабном уровне, диагностировать и идентифицировать основные динамические параметры таких структур, а также анализировать их влияние на условия полетов.

Список литературы

1. Нахушев, А.М. Дробное исчисление и его применение / А.М. Нахушев. – М.: Физматлит, 2003. – 272 с.

2. Учайкин, В.В. Метод дробных производных / В.В. Учайкин. – Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. – 512 с.

3. Ляхов, Л.Н. Дробные производные и интегралы и их приложения. Учебно-методическое пособие для вузов / Л.Н. Ляхов, Э.Л. Шишкина. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. – 100 с.

4. Mikhailov, V.V. The Meteorological service model of air and space forces using the fractal theory / V.V. Mikhailov, S.L. Kirnosov // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2016, 9(3). – Pp. 366-375. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-3-366-375.

5. Михайлов, В.В. Учет фрактальных свойств при функционировании авиационной системы поддержки принятия метеозависимых решений / В.В. Михайлов, М.Е. Семенов, С.Л. Кирносов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2015. – № 1. – С. 12-18.

Разработка компьютерной модели определения дальности обнаружения самолетов радиолокационными станциями

И. Ю. Курьянов, email: igku1@yandex.ru
А. П. Петухов, email: andr.petuxov2013@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *На основе методики определения зон действия радиолокационных станций противовоздушной обороны разработана компьютерная модель определения дальности обнаружения боевых порядков самолетов авиационной части (соединения) на основе использования языка программирования Java SE, системы управления базами данных SQLite Studio 3.0 и графической библиотеки Java FX.*

Ключевые слова: *зона действия, радиолокационная станция.*

Введение

Анализ процесса обнаружения воздушных целей радиолокационными методами показывает, что возможности радиоэлектронных станций (РЛС) по обнаружению воздушных целей в беспомеховой обстановке определяются потенциальными возможностями РЛС, параметрами полета боевого порядка, а также наличием и положением местных предметов относительно РЛС по обнаружению воздушных целей. В качестве основных исходных данных целесообразно выделить:

– основные тактико-технические характеристики РЛС противника;
– параметры полета боевых порядков (БП);
– характеристики рельефа местности.

К основным данным РЛС противника необходимо отнести

$D_{спр}$, км – справочная дальность обнаружения РЛС. Она определяется по таблицам в справочниках. При отсутствии справочных данных для отдельных РЛС рассчитывается исходя из известного обобщенного уравнения радиолокации [1].

$\sigma_{спр}$, м^2 – эффективная площадь рассеивания (ЭПР) самолета для которой определена $D_{спр}$.

λ, м – рабочая длина волны РЛС.

h_a, м – высота поднятия антенны РЛС.

© Курьянов И. Ю., Петухов А. П., 2022

К основным параметрам боевых порядков следует отнести:

H_c, м – высота полета боевого порядка. Она определяется исходя из импульсного объема РЛС и параметрами боевого порядка (интервалом, дистанцией, превышением или принижением) с учетом ЭПР отдельного самолета.

σ_c, м^2 – ЭПР отдельного самолета в боевом порядке.

К характеристикам рельефа местности (исходя из маршрута полета боевых порядков относительно местоположения РЛС) относят:

$D_{мп}$, м – дальность от РЛС до местного предмета.

$h_{мп}$, м – высота местного предмета над уровнем моря.

$h_{поз}$, м – высота позиции РЛС над уровнем моря.

$R_з$ – приведенный радиус земли, равный 8500 км.

Расчеты по оценке возможностей РЛС по обнаружению БП целесообразно осуществлять в следующем порядке:

Определение дальности обнаружения на больших высотах:

$$D_б = D_{спр} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{\sigma_{спр}}} \quad (1)$$

Определение дальности прямой видимости (эмпирическое выражение) [2]:

$$D_{пв[км]} = 4{,}12 \cdot \left(\sqrt{H_c} + \sqrt{h_{поз} + h_a} \right) \quad (2)$$

Определение дальности обнаружения на малых высотах:

$$D_м = \sqrt{D_б \cdot 1000 \cdot \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \left(H_c - h_{поз} \right)} \quad (3)$$

Здесь следует иметь в виду, что БП считается маловысотным, если выполняется условие $\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{h_a H_ц}{D} \right) \le \frac{\pi}{16}$ где – расстояние от РЛС до цели, из которого следует граничное расстояние $D_{мп} \ge 32 \cdot \frac{h_a}{\lambda} \cdot H_c$, при превышении которого можно использовать выражение для расчета $D_м$.

Определение дальности обнаружения с учетом углов закрытия местности (при наличии местных предметов):

$$D_{рел} = \sqrt{\left(R_з \cdot \sin \varepsilon_{закр} \right)^2 + 2 \cdot H_c \cdot R_з} - R_з \cdot \sin \varepsilon_{закр} \quad (4)$$

где

$$\varepsilon_{закр} = \frac{h_{мп} \cdot h_{поз} \cdot h_a}{D_{мп}} - \frac{D_{мп}}{2 \cdot R_з} \quad (5)$$

угол закрытия (угол между линией горизонта и линией, проведенной от позиции РЛС на вершину местного предмета). После вычисления значений дальностей согласно (1) – (4) происходит определение результирующей дальности обнаружения воздушных целей путем формирования матрицы-столбца полученных значений и нахождения ее минимального значения:

$$D_{обн} = \min \begin{Bmatrix} D_б \\ D_{пв} \\ D_м \\ D_{рел} \end{Bmatrix} \quad (6)$$

Компьютерная модель определения дальности обнаружения боевых порядков самолетов

С использованием строго типизированного объектно-ориентированного языка программирования общего назначения Java SE 8 [3], а также с помощью платформы для создания приложений с насыщенным графическим интерфейсом разработана компьютерная модель определения дальности обнаружения боевых порядков самолетов РЛС. Стартовое окно программы представлено на рис. 1.



Рис. 1. Стартовое окно программы по оценке возможностей РЛС

После нажатия на кнопку «Начать работу» пользователь переходит на основной интерфейс работы программы, представленный на рис. 2.

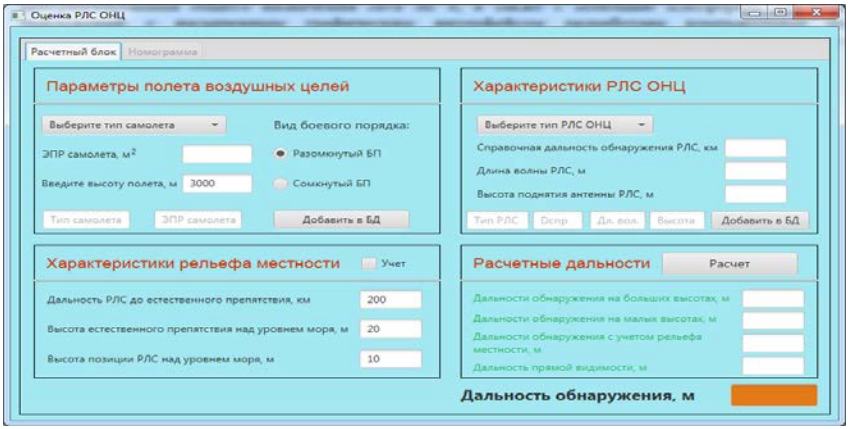


Рис. 2. Основной интерфейс работы программы

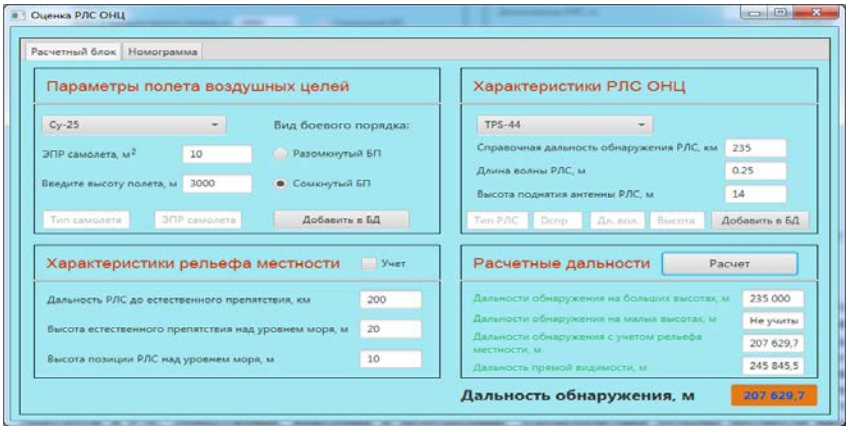


Рис. 3. Результат работы программы

Для получения конечного результата по дальности обнаружения пользователю необходимо ввести исходные данные по типу самолета и виду БП. При этом выбор самолета происходит из реляционной кроссплатформенной базы данных написанной с помощью системы управления базами данных SQLite Studio 3.0. Высоту полета БП пользователь вводит с клавиатуры. Следует отметить, что во всех полях ввода данных в основном интерфейсе программы запрещен ввод символов отличных от арабских цифр и точки. Поля отображения дынных взятых из баз данных редактированию не подлежат. Динамичность

программы заключается в предоставлении возможности пользователю добавлять в базу данных новых типов самолетов и РЛС обнаружения, наведения и целеуказания. Характеристики рельефа местности вводятся пользователем самостоятельно, однако есть возможность не учитывать наличие местных предметов, нажав на параметр «Учет». Если все исходные данные введены корректно, то при нажатии кнопки «Расчет» появится результат работы программы (рис. 3). В противном случае появляется всплывающее окно с предупреждением о неправильности ввода исходных данных для расчета.

После отображения полученного результата дальности обнаружения в метрах активируется вкладка «Номограмма», в рамках которой пользователю предлагается построить график зависимости дальности обнаружения от угла закрытия местным предметом РЛС противника путем нажатия на кнопку «Построение» (рис. 4).

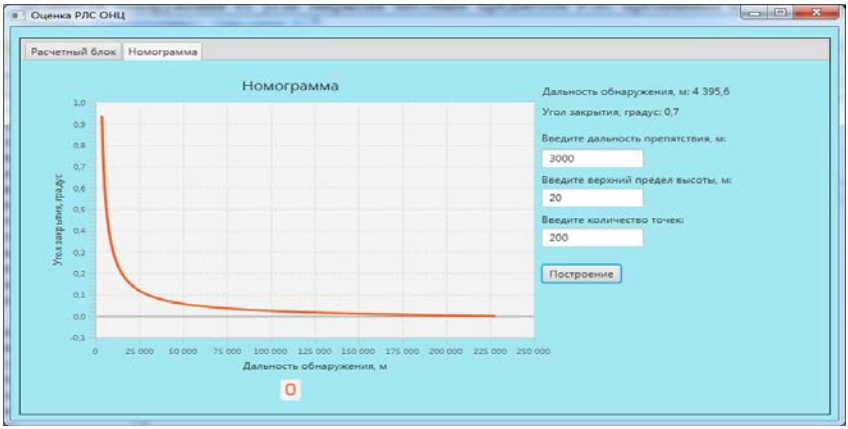


Рис. 4. Результат работы программы по построению номограммы

Поля ввода данных также оснащены запретом на ввод символьных переменных. При наведении курсором мыши на область построения номограммы появляется мгновенное значение дальности обнаружения и угла закрытия в правом верхнем углу окна программы.

Заключение

Таким образом, разработана компьютерная модель определения дальности обнаружения боевых порядков самолетов РЛС противника,

обладающая свойством кроссплатформенности и позволяющая повысить оперативность и точность расчетов по оценке зон действия РЛС.

Список литературы

1. Куприянов А.И., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.

2. Справочник офицера воздушно-космической обороны / Под общей редакцией С.К. Бурмистрова. Тверь: ВА ВКО, 2006. – 564 с.

3. Шилдт Г. Java 8. Руководство для начинающих. Шестое издание. Перевод с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 720 с.

Моделирование процессов транспортировки и высвобождения активных фармацевтических ингредиентов из аэрогельных частиц

И. В. Лебедев, email: igor170491@yandex.ru
А. А. Уварова, email: anastasia.uvarova2@yandex.ru
М. С. Мочалова, email: mochalovamarie@yandex.ru
А. Н. Безчаснюк, email: anna.bezchasnuck@yandex.ru
Н. В. Меньшутина, e-mail: chemcom@muctr.ru

Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

Аннотация. *Разработана гибридная модель, использующая метод решеточных уравнений Больцмана и клеточно-автоматный подход для моделирования процессов транспортировки и высвобождения лекарственных средств. Предложенная модель может быть использована при разработке новых лекарственных препаратов, что позволит частично заменить натурные эксперименты вычислительными и снизить затраты на проведение экспериментальных исследований.*

Ключевые слова: *клеточные автоматы, моделирование, аэрогели, метод решеточных уравнений Больцмана, активные фармацевтические ингредиенты, лекарственное средство.*

Введение

Материалы на основе аэрогелей в настоящее время получили широкое распространение во многих областях науки и промышленности. Благодаря таким свойствам как высокая пористость, удельная площадь поверхности, а также то, что их поры образуют единую сеть, одним из перспективных направлений применения аэрогелей является создание матриц-носителей лекарственных средств.

Одним из важных путей доставки лекарственных средств является назальный. Назальное введение лекарств используется как альтернативный путь системной доступности лекарств, ограниченных внутривенным и парентеральным введением. Назальное введение лекарственных препаратов, включая многочисленные соединения, пептидные и белковые препараты, широко исследуется в последние годы. Лекарства быстро выводятся из полости носа после назального введения, что приводит к быстрой системной абсорбции лекарств. Это связано с

© Лебедев И. В., Уварова А. А., Мочалова М. С., Безчаснюк А. Н., Меньшутина Н. В., 2022

большой площадью поверхности, пористой эндотелиальной мембраной, высоким общим кровотоком, отсутствием пресистемного метаболизма и легкой доступностью [1]. Перспективным способом назального введения лекарственных препаратов является создание аэрогельных частиц с внедренными активными фармацевтическими ингредиентами (лекарственными средствами). Такие частицы имеют малый размер и вмещают большое количество лекарственного средства. Кроме того, такие частицы могут быть созданы из биоразлагаемых и безопасных для человека материалов таких, как хитозан или белок.

Однако, процесс создания новых лекарственных препаратов всегда связан с проведением большого количества экспериментальных исследований для понимания процессов высвобождения и транспортировки лекарственного средства в конкретной среде и при использовании определенной матрицы-носителя.

Разработка компьютерных моделей, которые позволят прогнозировать процессы транспортировки и высвобождения лекарственного средства позволят существенно снизить затраты при разработке новых лекарственных препаратов путем частичной замены натурных экспериментов вычислительными.

В данной работе были использованы клеточно-автоматный подход и метод решеточных уравнений Больцмана при разработке модели процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства при осаждении аэрогельных частиц с лекарственным средством в полости носа человека.

1. Моделирование процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства

Большинство методов моделирования гидродинамики основаны на решении системы уравнений Навье-Стокса. Недостатками такого подхода является высокая сложность вычислений, а также трудности при моделировании многокомпонентных систем [2]. Одним из альтернативных способов моделирования гидродинамики являются модели на основе метода решеточных уравнений Больцмана.

Основная идея метода решеточных уравнений Больцмана состоит в том, что моделируемая система разбивается на одинаковые квадратные (кубические для трехмерного случая) ячейки (клетки). Каждая клетка представляет собой дискретный объем моделируемой среды, который характеризуется плотностью или количеством условных частиц жидкости в ней. Частицы жидкости могут находиться только внутри одной из клеток. Помимо этого, дискретизируются возможные направления движения частиц. За один шаг по времени частица жидкости может переместиться только в одну из соседних клеток. Количество

возможных направлений зависит от выбора решетки в модели. Модель решетки обозначается как *DpQn*, где *p* – количество измерений решетки, а *n* – количество возможных направлений. Наиболее распространенной моделью решетки при решении двухмерных задач является модель *D2Q9* (рис. 1). Таким образом, в каждый момент времени в клетке находится определенное количество частиц жидкости, которые распределены по разным направлениям [2,3].

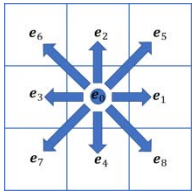


Рис. 1. Пример модели решетки *D2Q9*. Векторы $e_1 - e_2$ характеризуют возможные направления движения молекул

Движение частиц в этом случае разделяется на две фазы – фаза распространения потоков и фаза релаксации (столкновения). Во время первой фазы частицы только перемещаются между клетками, во время второй – сталкиваются между собой, в результате чего у частиц меняются направления движения – рассчитывается новое распределение по направлениям. Эти фазы описываются с помощью уравнения Больцмана в дискретной форме:

$$f_i(\vec{r} + \vec{e}_i t^*, t + t^*) = f_i(\vec{r}, t) - \Omega_i, \quad (1)$$

где t^* – дискретный шаг по времени, i – индекс направления движения, f – количество частиц клетки, которые двигаются в направлении i, Ω_i – оператор столкновений на направлении i, $\vec{r}$ – радиус-вектор клетки, $\vec{e}_i$ – вектор скорости направления i.

Это уравнение может быть условно разделено на две части:

$$\tilde{f}_i(\vec{r} + \vec{e}_i t^*, t + t^*) = f_i(\vec{r}, t) \quad (2)$$

$$f_i(\vec{r} + \vec{e}_i t^*, t + t^*) = \tilde{f}_i(\vec{r} + \vec{e}_i t^*, t + t^*) - \Omega_i \quad (3)$$

Тогда уравнение (2) используется при расчете фазы распространения потоков и характеризует движение частиц между клетками, а $\tilde{f}_i$ соответствует распределению частиц по направлениям после распространения потоков, но до их столкновения в клетке, а

уравнение (3) используется при расчете фазы релаксации (столкновения) и характеризует распределение частиц по скоростям после их столкновения внутри клетки.

Оператор столкновения, который используется в оригинальном уравнении Больцмана учитывает все возможные исходы попарных столкновений между частицами. Учет только попарных столкновений хорошо подходит для моделирования газов, однако его некорректно использовать при моделировании жидкостей из-за их значительно более высоких плотностей. Поэтому, на практике вместо оригинального оператора столкновения применяются различные приближения. В рамках работы было использовано приближение Бхатнагара – Гросса – Крука (Bhatnagar-Gross-Krook, BGK):

$$\Omega = \frac{f(\vec{r},t) - f^{\,}(\vec{r},t)}{\tau} \tag{4}$$

где $f_i^{eq}(\vec{r},t)$ – количество частиц клетки в направлении i в случае равновесного распределения, τ – дискретный безразмерный параметр релаксации [2]. Равновесная функция распределения в дискретной форме имеет следующий вид:

$$f^{\,}(\vec{r},t) = d\rho\,[1 + 3\vec{e}\vec{u} + \frac{9}{2}(\vec{e}\vec{u})^{\,} - \frac{3}{2}(\vec{u})^{\,}] \tag{5}$$

Дискретная плотность ρ^* характеризует общее количество частиц жидкости в клетке, $\vec{u}$ – макроскопическая скорость в клетке, d_i – весовые коэффициенты направлений, которые рассчитываются для каждого типа решетки [2-4]. ρ^* и $\vec{u}$ рассчитываются следующим образом:

$$\rho = \sum f(\vec{r},t) \tag{6}$$

$$\rho\vec{u} = \sum \vec{e} f(\vec{r},t) \tag{7}$$

где N – количество возможных направлений движения.

Формулы (1-7) использовались при разработке модели гидродинамики внутри носовой полости человека.

Для того, чтобы модель учитывала движение второго компонента (лекарственного средства) в клетку вводится вторая дискретная плотность ρ, которая характеризует количество частиц компонента в клетке. Расчеты перемещения и столкновения частиц лекарственного средства аналогично производятся по формулам (1-7)

Для прогнозирования высвобождения модель на основе метода решеточных уравнений Больцмана была дополнена клеточно-автоматной

моделью, основанной на модели, предложенной в [5]. Для моделирования процесса высвобождения клетки помимо плотности (количества частиц) характеризуются одним из возможных состояний – «Жидкость» или «Аэрогель». Расчет гидродинамики в клетках «Жидкость» осуществляется с помощью метода решеточных уравнений Больцмана. Внутри клеток с состоянием «Аэрогель» есть частицы лекарственного средства, характеризующиеся плотностью $\rho_л^*$, однако частицы из клеток «Жидкость» не могут перемещаться внутрь этих клеток. Из клеток «Аэрогель» частицы также не перемещаются в ходе расчета гидродинамики по методу решеточных уравнений Больцмана. После расчета фаз распространения потоков и столкновения из клеток с состоянием «Аэрогель» в соседние клетки с состоянием «Жидкость» перемещаются частицы лекарственного средства согласно уравнению Нойеса-Уитни [6]:

$$n = K(C - C), \tag{8}$$

где K – постоянная растворения, C_S – концентрация насыщенного раствора, C - текущая концентрация лекарственного средства в системе.

Таким образом, разработанная модель содержит два расчетных модуля, которые прогнозирует процессы транспортировки и высвобождения лекарственного средства соответственно.

Разработанная модель была использована при проведении вычислительных экспериментов по моделированию процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства при осаждении частиц лекарственного средства в полости носа.

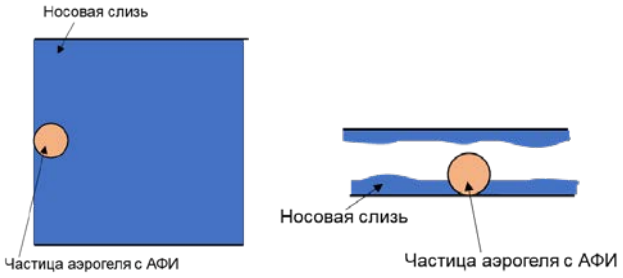
2. Вычислительные эксперименты по моделированию процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства

Для моделирования процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства при осаждении частиц лекарственного средства в полости носа была создана модельная полость носа.

Картина течения во всех носовых полостях имеет схожие черты. Поток воздуха распространяется, в основном, по общему носовому ходу и по прилегающим к нему областям нижнего и среднего боковых ходов. Максимальная продольная скорость наблюдается в области носового клапана, за исключением случаев, обусловленных исключительным строением носовой полости с большим отклонением от горизонтального положения [2]. Биохимический состав носовой слизи составляет: вода 95%, белки и гликопротеины 2-3%, липиды 1%, минералы 1% и ДНК 0,02%. Гликопротеины составляют 80% сухой массы слизи. Муцины представляют собой высокомолекулярные полидисперсные

гликопротеины, состоящие приблизительно на 80% из углеводов с молекулярными массами от нескольких сотен тысяч до более 1 миллиона Дальтон [3]. Диапазон вязкости, близкий к 15 Па·с, считается оптимальным для мукоцилиарного клиренса.

В рамках работы рассматривалось осаждение одной частицы аэрогеля в верхнезадней области носовой полости. Эта область занимает площадь, приблизительно 2,5 см^2. Модель носовой полости представляет из себя проекцию реальной полости на плоскости OXY («вид сверху»), то есть модель будет учитывать длину и ширину, но не учитывать глубину. На рис. 2 представлена схема модельной носовой полости с осажденной частицей в плоскостях OXY («вид сверху», а) и OXZ («вид в профиль», б).



а б

Рис. 2. Схема модельной носовой полости с осажденной частицей на «виде сверху» (а) и «виде в профиль» (б)

Модельная носовая полость имеет длину, равную 2.2 см и ширину, равную 1.1 см при размере одной клетки 100 мкм. Таким образом, модельная решетка имеет размер 220x110 клеток. В качестве решетки использовалась решетка типа *D2Q9*, то есть, частицы жидкости могли перемещаться из клетки в 8 направлениях, а также находиться в состоянии покоя.

Был проведен натурный эксперимент по моделированию высвобождения модельного вещества из аэрогельной частицы. В качестве модельного вещества использовался ибупрофен, в качестве материала аэрогельной частицы – хитозан.

Использовалась чашка Петри диаметром 9,2 см. Чашка Петри была заполнена минимальным количеством физраствора хлорида натрия, который составил 7 мл. Чашка Петри помещалась на лабораторный шейкер для создания подобия потока в носовой полости. Устанавливалась минимальная скорость, которая составила 10 об/мин. После чего в чашку

Петри добавлялась навеска аэрогеля с активным веществом, массой 0,04 г.

Физраствор с аэрогелем после проведения стадии вымывания был отфильтрован с помощью фильтровальной бумаги. Время эксперимента составило 1.5, 3, 4.5 и 6 минут.

Для уточнения массовой загрузки ибупрофена в полученных композициях «аэрогель на основе хитозана – ибупрофен» были проведены эксперименты по количественному определению модельного вещества методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) Высокоэффективная жидкостная хроматография (жидкостная хроматография высокого давления) – это метод колоночной хроматографии, в котором подвижной фазой служит жидкость, движущаяся через хроматографическую колонку, заполненную неподвижной фазой (сорбентом) [4]. Данный метод позволяет определять количество адсорбированного лекарственного вещества.

Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента высвобождения модельного вещества

Время эксперимента, мин	Концентрация, г/мл
1.5	$60 \cdot 10^{-5}$
3	$64 \cdot 10^{-5}$
4.5	$70 \cdot 10^{-5}$
6	$85 \cdot 10^{-5}$

Далее в модельной носовой полости были проведены вычислительные эксперименты по моделированию процессов транспортировки и высвобождения лекарственного средства из аэрогельных частиц.

Диаметр частиц имеет диапазон от 200 до 300 мкм. В качестве рабочего диаметра в модели был выбран диаметр 300 мкм. На рис. 3 представлена цифровая копия частицы аэрогеля в виде набора клеток с учетом масштаба решетки.

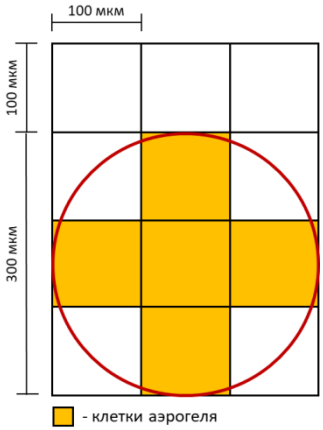


Рис. 3. Цифровая копия частицы аэрогеля диаметром 300 мкм с учетом масштаба модели

На рис. 4 представлена визуализация течений.

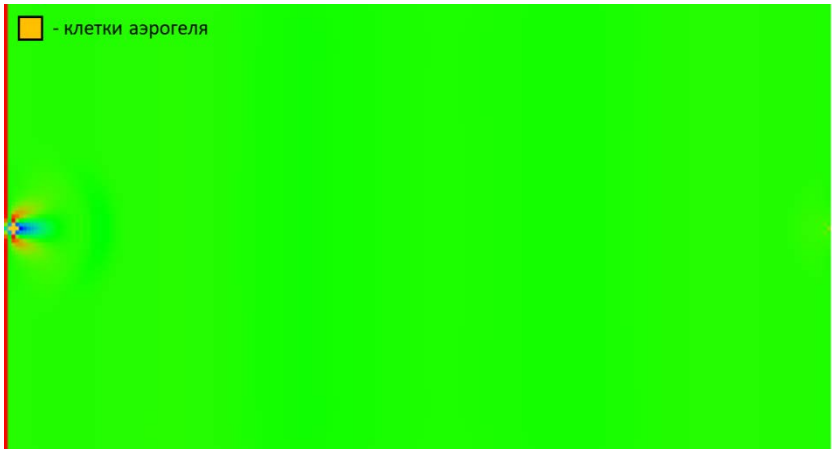


Рис. 4. Визуализация течений в модельной полости носа при осаждении частицы аэрогеля

На рис. 5 представлен график экспериментальных и расчетных значений высвобождения в различные моменты времени.

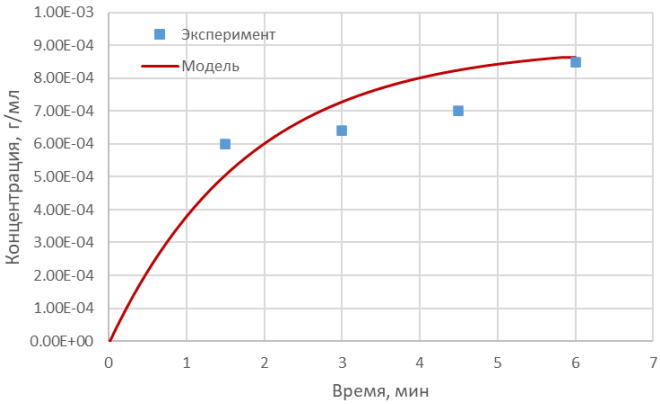


Рис. 5. Расчетная и экспериментальная кривые высвобождения ибупрофена из частицы аэрогеля на основе хитозана

В табл. 2 представлено сравнение экспериментальной и расчетной концентрации мелатонина.

Таблица 2

Расчетные и экспериментальные значения высвободившегося мелатонина

Время, мин	Концентрация расч., г/мл	Концентрация эксп., г/мл	Отклонение, %
1.5	$60 \cdot 10^{-5}$	$51 \cdot 10^{-5}$	15.81
3	$64 \cdot 10^{-5}$	$73 \cdot 10^{-5}$	13.85
4.5	$70 \cdot 10^{-5}$	$83 \cdot 10^{-5}$	17.95
6	$85 \cdot 10^{-5}$	$86 \cdot 10^{-5}$	1.72

Как видно из табл.2, среднее отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 12.34%, из чего можно сделать вывод о корректной работе модели.

Заключение

В работе была создана гибридная модель, сочетающая метод решеточных уравнений Больцмана и клеточно-автоматный подход. Предложенная модель позволяет прогнозировать процессы транспортировки и высвобождения лекарственного средства из аэрогельных частиц в различных средах.

Были проведены экспериментальные исследования по высвобождению модельного вещества (ибупрофена) из аэрогельной частицы на основе хитозана.

Были проведены вычислительные эксперименты по прогнозированию транспортировки и высвобождения ибупрофена из аэрогельной частицы на основе хитозана. Среднее отклонение расчетных значений концентрации ибупрофена в различные моменты времени от экспериментальных не превышает 12.34%, из чего можно сделать вывод о корректной работе модели.

Предложенная модель может быть использована в дальнейшем при моделировании процессов транспортировки и высвобождения лекарственных средств. Это позволит существенно снизить количество необходимых натурных экспериментов путем их частичной замены вычислительными и, соответственно, снизить затраты и время разработки новых лекарственных препаратов на основе аэрогельных частиц с внедренными активными фармацевтическими ингредиентами (АФИ).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, FSSM-2020-0003.

Список литературы

1. Harshad P., Anand B., Dushyant S. Recent techniques in nasal drug delivery: A review/ P. Harshad, B. Anand, S. Dushyant//Int. J. Drug Dev. Res. – 2010. – vol. 2. – pp. 565-572.

2. The lattice Boltzmann method: principles and practice/ Timm K. [et al.]. – Springer, 2016. – 694 p.

3. Sukop M. C., Thorne D. T. Lattice Boltzmann Modeling, An Introduction for Geoscientists and Engineers/ M. C. Sukop. – Springer, 2007. – 174 p.

4. Succi S. The lattice Boltzmann equation: for fluid dynamics and beyond/ S. Succi. – Oxford University Press, 2001. – 288 p.

5. Ivanov, S. I., Tiptsova, I. A., Menshutina, N. V. Modeling dissolution of solids based on cellular automata with changing sizes of cells/ S. I. Ivanov // Computer Aided Chemical Engineering. – Elsevier, 2015. – vol. 37. – pp. 605-610.

6. Assessing dissolution kinetics of powders by a single particle approach/ A. Marabi [et al.] // Chemical Engineering Journal. – 2008. – No. 139. – pp. 118-127.

Модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и гелиофизической информации

А. Б. Мартьяшкин: e-mail: martsash@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Предложена модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и данных об активности Солнца*

Ключевые слова: *Эволюция антициклонов, активность Солнца*

Введение

Изменение солнечной активности существенным образом влияет на процессы общей циркуляции атмосферы и связанные с ними режимы погоды в различных районах земного шара. Поэтому без учета данного фактора невозможно правильно понять основные закономерности общей циркуляции, а, следовательно, и успешно решить проблему разработки прогнозов погоды различной заблаговременности.

1. Влияние солнечной активности на атмосферные процессы

Основным источником внешних воздействий на атмосферу Земли является Солнце. Вместе с электромагнитным излучением Солнце испускает корпускулярные потоки, или потоки солнечной плазмы, получившее название солнечного ветра. В период сильных хромосферных вспышек на Солнце солнечный ветер становится существенно неоднородным, то есть из активных областей вырываются высокоскоростные корпускулярные потоки, плотность и энергия которых значительно превосходят подобные характеристики солнечного ветра в спокойном состоянии [1].

В периоды повышенной солнечной активности также меняется и спектральный состав электромагнитного излучения. Существенно возрастает интенсивность ультрафиолетовой радиации, которая влияет на концентрацию озона и значительно меняет тепловой баланс в атмосфере.

Целью настоящей работы является разработка модели прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и изменчивости солнечной активности.

© Мартьяшкин А. Б., 2022

В качестве исходных данных использовался аэросиноптический материал за 1998 – 2021 годы, информация об активности Солнца в виде чисел Вольфа.

2. Влияние солнечной активности на формирование различных форм атмосферной циркуляции

На рис. 1 показан ход изменения числа Вольфа в период 1998 – 2021 г.г.

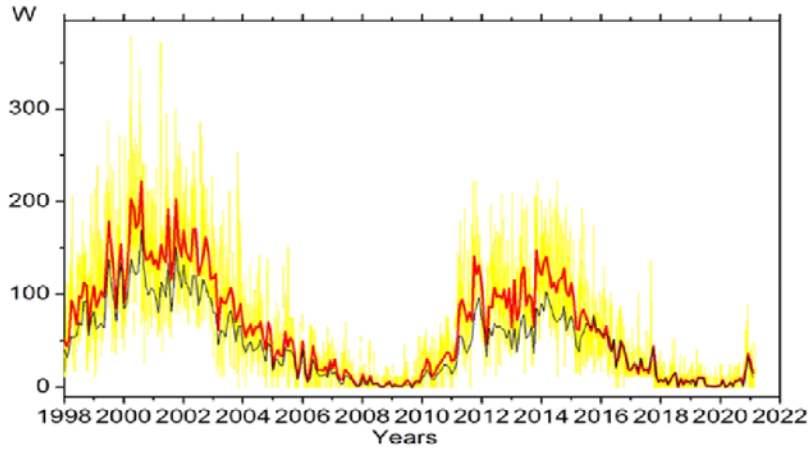


Рис. 1. Числа Вольфа за период 1998 – 2021 годы

На основе анализа рисунка можно выделить четкие экстремумы, а именно, два ближайших максимума активности Солнца приходились на 2000, 2014 годы, два минимума – на 2008, 2019 годы.

Вангенгейм Г. Я. и Гирс А.А. произвели классификацию типовых элементарных синоптических процессов (далее – ЭСП). В результате оказалось, что все двадцать шесть типов ЭСП можно обобщить в трех основных типах атмосферной циркуляции – западном (W), восточном (E) и меридиональном (C).

Западные процессы W характеризуют зональное состояние атмосферы, при котором в тропосфере наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. При этом практически отсутствует значительный межширотный тепловой и влажностный обмен. Восточный E и меридиональный C процессы, характеризуют меридиональное состояние атмосферы, которому в тропосфере свойственны стационарные волны большой амплитуды. При этом отмечается значительный межширотный тепловой и влажностный

обмен. Географическое положение высотных гребней и ложбин при восточной и меридиональной формах циркуляции противоположны. То есть, положению высокой барической ложбины при восточной форме циркуляции будет соответствовать высокий барический гребень при меридиональной форме.

Для исследования взаимосвязи параметров активности Солнца и циркуляции атмосферы Земли проведен расчет повторяемостей основных форм атмосферной циркуляции.

На рис. 2 представлена повторяемость форм атмосферной циркуляции в годы с различными параметрами активности Солнца.

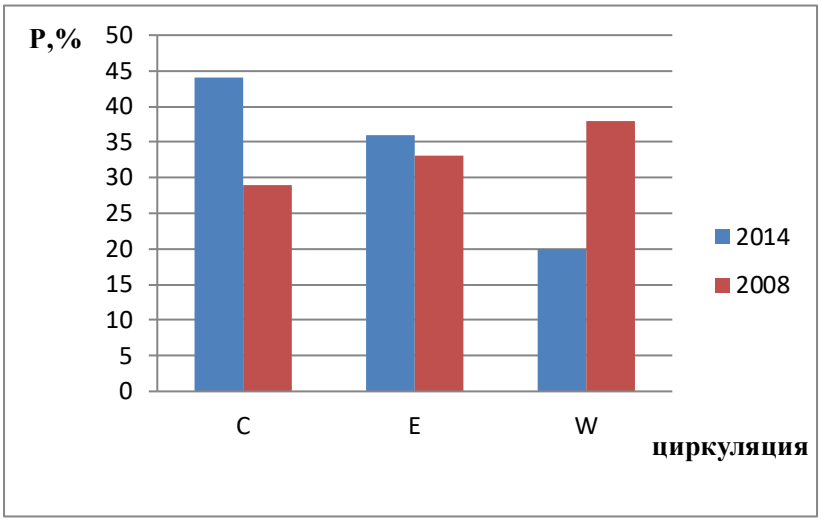


Рис. 2. Повторяемость форм атмосферной циркуляции в годы с минимальными и максимальными параметрами активности Солнца

На основе анализа проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– В год с максимумом солнечной активности преобладает меридиональная циркуляция с повторяемостью 44 %. Минимум повторяемости 20% приходится на процессы западной формы циркуляции.

– В год с минимумом солнечной активности чаще отмечается зональная циркуляция атмосферы с повторяемостью 38%, при этом на меридиональную циркуляцию приходится 29 %.

– Повторяемость восточной формы циркуляции в годы с высоким числом Вольфа выше на 3%, чем в годы с низким числом.

3. Модель прогнозирования эволюции антициклонов с учетом термобарических параметров атмосферы и активности Солнца

На следующем этапе проведен анализ влияния активности Солнца на годовой ход температуры воздуха и ее отклонения от средних значений.

На рис. 3 отражено распределение среднеквадратического отклонения температуры воздуха по месяцам в годы с максимальной и минимальной активностью Солнца.

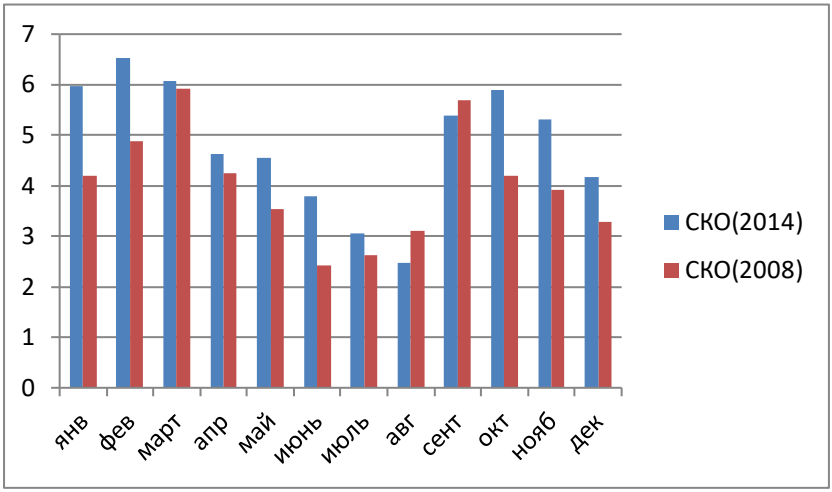


Рис. 3. Среднеквадратическое отклонение температур в годы с максимальным и минимальным числом Вольфа

В результате анализа представленной информации, можно сделать вывод, что в году с высокой активности Солнца среднеквадратическое отклонение больше, чем в году с низкой активностью.

Увеличение числа Вольфа приводит к росту интенсивности ложбин холода и гребней тепла, что в свою очередь приводит к активизации процессов циклогенеза и антициклогенеза. При этом важно отметить, что всплеск термических характеристик гребней и ложбин происходит с опозданием в среднем на трое суток. То есть, при повышении солнечной активности возникают условия для образования циклонов и антициклонов, а также усиления антициклонов вне зависимости от стадии их развития.

Для выяснения факторов, определяющих образование и эволюцию циклонов и антициклонов в приземном слое проведен анализ уравнения изменения вихря скорости [2] по результатам которого можно сделать следующие выводы:

– Для образования циклона у поверхности земли создаются благоприятные условия там, где высотное барическое поле характеризуется циклонически искривленными изогипсами, кривизна которых по течению уменьшается, а градиент геопотенциала достаточно велик, т.е. такие условия создаются в передних частях высотных барических ложбин.

– Отрицательная дивергенция скорости ветра (расходимость изогипс) на поверхности 700 или 500 гПа способствует циклогенезу, а положительная (сходимость изогипс) – антициклогенезу.

– Возникновение и усиление термического гребня способствуют возникновению циклона у поверхности земли, а возникновение и усиление термической ложбины благоприятствуют возникновению антициклона. Для таких оценок удобно использовать карту ОТ-500/1000 [2].

– При небольшой кривизне поля изотерм и прочих равных условиях циклогенез и антициклогенез наблюдаются там, где наибольший градиент температуры, во фронтальных зонах.

Исходя из вышесказанного, для получения прогностических зависимостей сформирована архивная выборка, включающая в себя следующие параметры:

– Изменение атмосферного давления у поверхности земли в центре антициклона за 24 часа, ΔP.

– Изменение характеристики термического гребня ΔG_T на карте ОТ-500/1000 за прошедшие сутки.

– Изменение характеристики термической ложбины ΔG_X на карте ОТ-500/1000 за прошедшие сутки.

– Изменение геопотенциала на АТ-850 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{850}

– Изменение геопотенциала на АТ-700 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{700}.

– Изменение геопотенциала на АТ-500 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{500}.

– Число Вольфа *W*.

На следующем этапе с использованием процедуры просеивания получено уравнение регрессии для прогноза эволюции антициклона.

$$\Delta P' = 0,036 + 0,069\Delta W + 0,137\Delta H_{700} - 0,200\Delta G_T + 0,222\Delta P$$

Проведена оценка качества полученной зависимости на контрольной выборке: коэффициент корреляции равен 0,698; средняя абсолютная ошибка составила 2,62; средняя квадратическая ошибка составила 3,12.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе показано влияние солнечной активности на формирование циркуляционных особенностей атмосферы, представлена модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий и гелиофизической информации.

Список литературы

1. Витинский Ю. В. Солнечная активность. М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 192 с.

2. Скирда И. А. Ульшин И. И, Мартьяшкин А. Б. Авиационные прогнозы погоды. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. 476 с.

Оценка объема метеорологической информации

А. Н. Маслабойщиков, email: masan29@mail.ru
Н. А. Веремьёв, email: nikover1395@yandex.ru
М. А. Прохров, email: nikover1395@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье представлен анализ получения метеорологической информации (МИ) в системе штормового предупреждения и выявления специфики ее получения.*

Ключевые слова: *метеорологическая информация, штормовое предупреждение, оценка метеорологической информации.*

Введение

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на выполнение всего спектра выполняемых задач, а также на состояние аэродромов, эксплуатацию авиационной техники. Для успешного выполнения задач, необходимо иметь и постоянно учитывать МИ в данном районе. Указанное требование, основано на естественном процессе постоянного изменения метеорологических условий и необходимости получения объективных метеорологических данных от различных источников информации.

На практике процесс получения МИ зависит от большого количества факторов: физико-географических условий района выполняемых задач; освещенности района в метеорологическом отношении; применяемых методов и средств получения МИ; оперативной и воздушной обстановки и т. п.

1. Расчет вероятности обнаружения

В связи с этим, своевременные и достоверные сообщения о возникновении и развитии опасных метеорологических явлений, подаваемые метеорологическими подразделениями, позволяют уменьшить негативное воздействие на деятельность потребителя.

Для обеспечения безопасности полетов в метеорологическом отношении, а также в целях наиболее полного использования МИ для эффективного применения авиации, на всех аэродромах организуется система штормового предупреждения (ШП) об опасных явлениях погоды (ОЯП).

© Маслабойщиков А. Н., Веремьёв Н. А., Прохров М. А., 2022

$$P_i^k = \Pi_{(x=1)}^{(x=m)} P(x_i), \quad (1)$$

Величина метеорологической эффективности количественно определяется критерием P_i, который показывает, какой процент полученной информации, удовлетворяет заранее поставленным требованиям, т.е. общая вероятность P_i совместного получения независимых характеристик по всем методам наблюдения k определяется как

$$P_i = \sum P_i^k q_k, \quad (2)$$

где q_k – удельный вес k- метода наблюдения в общем комплексе наблюдений за ОЯП.

Таким образом, решение задачи об оценке метеорологической эффективности системы организации ШП сводится к расчету P.

Характеристика, объем (полнота) информации – вероятность получения требуемого объема информации $P(\Pi)^j$ о j -ом ОЯП зависит одновременно от вероятности обнаружения и распознавания, т.е.

$$P(\Pi)^j = P(\Pi)^j{}_{обн} P(\Pi)_{расп}{}^j. \quad (3)$$

Вероятность обнаружения ОЯП зависит, прежде всего, от применяемого метода наблюдения. Например, при использовании визуальных наблюдений за j –тым ОЯП с радиусом действия (радиус обнаружения кучево-дождевой облачности и ОЯП, связанного с ней) r_j, вероятность обнаружения этого явления, имеющего диаметр d_j, сетью метеорологических станций, расположенных друг от друга на расстоянии $\bar{l}$, будет равна

$$P(\Pi)_{обн}{}^j = (2r_j + d_j)/\bar{l}. \quad (4)$$

Величина $\bar{l}$ определяется при известном общем количестве метеостанций N, расположенных на заданной территории площадью D

$$\bar{l} = \sqrt{4D/\pi N} \quad (5)$$

Из выражений (4) и (5) следует, что при прочих равных условиях $P(\Pi)$ (обн.)-j возрастает с ростом густоты сети метеорологических станций N.

При использовании радиолокационного метода наблюдений, $P(\Pi)$ (обн.)-j зависит от различных условий: характеристик радиолокационной станции; расстояния до ОЯП, высоты его расположения над земной поверхностью и его отражающих свойств.

Теоретический расчет *P*(П) (обн.)-*j* является сложной задачей, и на практике для оценки этой величины используются экспериментальные кривые, полученные на радиолокационных станциях и характеризующие статистическую связь *P*(П) (обн.)-*j* с расстоянием до ОЯП. Следовательно, величина *P*(П) (обн.)-*j* зависит главным образом от метода наблюдений за ОЯП.

Величина *P*(П) (расп.)-*j* зависит от способа анализа данных, полученных в результате наблюдений. Например, при визуальных наблюдениях используется качественный способ анализа, во многом зависящий от субъективизма наблюдателя.

При радиолокационных наблюдениях: используется принцип объективного (численного анализа) радиолокационных данных.

Как правило, величина *P*(П) (расп.) *j* разных методов наблюдения может быть оценена экспериментально путем сравнения результатов применяемого способа анализа с наиболее объективным (эталоном).

Таким образом, представленный подход к определению объема (полноты) МИ в системе наблюдений за ОЯП, позволяет получить вероятностную характеристику и объективно оценить организацию определенной системы ШП.

Предложенный научно-методический подход к организации системы ШП может являться основой для разработки оптимальных предложений органам управления, направленных на эффективное использования метеорологических условий и обеспечение безопасности выполняемых полетов в метеорологическом отношении.

Теоретический расчет *P*(П) (обн.) *j* является сложной задачей, и на практике для оценки этой величины используются экспериментальные кривые, полученные на радиолокационных станциях и характеризующие статистическую связь *P*(П) (обн.)-*j* с расстоянием до ОЯП. Следовательно, величина *P*(П)м(обн.)-*j* зависит главным образом от метода наблюдений за ОЯП.

2. Расчет вероятности распространения

Величина *P*(П) (расп.) *j* зависит от способа анализа данных, полученных в результате наблюдений. Например, при визуальных наблюдениях используется качественный способ анализа, во многом зависящий от субъективизма наблюдателя.

При радиолокационных наблюдениях: используется принцип объективного (численного анализа) радиолокационных данных.

Как правило, величина *P*(П) (расп.)-*j* разных методов наблюдения может быть оценена экспериментально путем сравнения результатов применяемого способа анализа с наиболее объективным (эталоном).

Реализация изложенного подхода апробирован на схеме ШП эродрома Бесовец, в которой отражены особенности получения информации об ОЯП в данном физико-географическом районе Российской Федерации [3].

На первом этапе произведены расчеты критерия метеорологической эффективности состояния системы наблюдения за ОЯП.

Исходными данными являются: количество метеорологических подразделений (станции, посты, аэродромы, привлекаемые к ШП) – N=25; радиус площади, в пределах которой производятся наблюдения за ОЯП – R=300 км.

Для визуального метода наблюдений, вероятность обнаружения и опознавания ОЯП, рассчитывается с учетом площади круга $D=\pi R2$, поэтому формула (4) примет вид

$$\bar{l} = 2R\sqrt{1/\mathrm{N}} \qquad (6)$$

На рис. 1 представлена схема ШП, для которой рассчитывается объем (полнота) МИ [3].

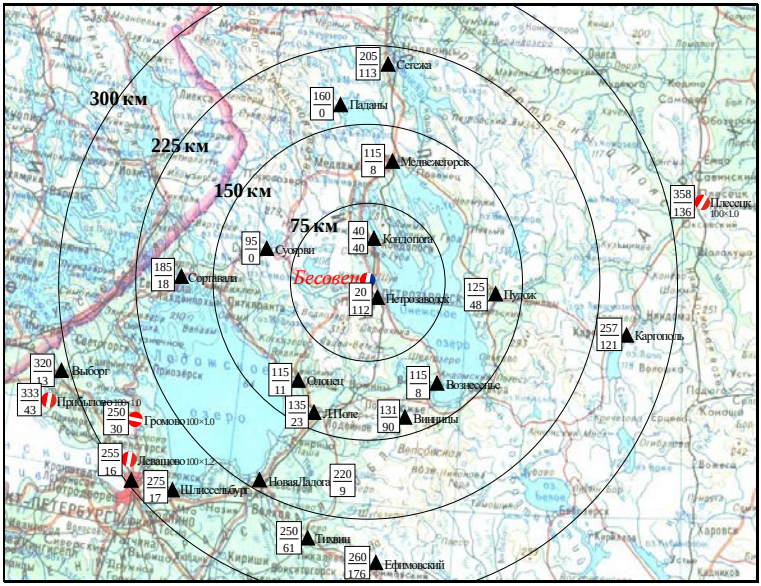


Рис. 1. Схема ШП аэродрома

По формуле (6) и экспериментальным данным, определяется значение P(П) (обн.) для ОЯП конвективного происхождения (ливни, грозы и град) (табл. 1).

При условии, что распознавание визуально обнаруженных ОЯП происходит с вероятностью $P(П)(расп.)=1$, рассчитывается среднегодовой коэффициент $P(П)$.

Таблица 1

Вероятность обнаружения ОЯП одной станцией при визуальном методе наблюдения

Характер явления	Радиус, км	Число станций	Среднее расстояние между станциями, км	Диаметр явления (средний размер, км)	Радиус обнаружения (км)	Вероятность обнаружения
Ливни	300	25	120,0	7	2	0,09
	150	11	90,4	7	2	0,12
	100	7	75,5	7	2	0,15
Грозы	300	25	120,0	1	20	0,34
	150	11	90,4	1	20	0,45
	100	7	75,5	1	20	0,54
Град	300	25	120,0	1	1	0,03
	150	11	90,4	1	1	0,03
	100	7	75,5	1	1	0,04

Если среднегодовая повторяемость ОЯП в данном физико-географическом районе соответствует значениям: ливней – 0,6; гроз – 0,35; града – 0,05 , то формула (1) примет вид

$$P(П) = \sum P(П)^{j}{}_{обн} P(П)_{расп}{}^{j} P^{j} \qquad (7)$$

где P^{j} - повторяемость j-го явления.

Полученные результаты вероятности получения требуемого объема информации об ОЯП $P(П\_1\text{^}в)$ для различных значений радиуса представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вероятность получения требуемого объема информации об ОЯП от радиуса наблюдения

Радиус, км	300	150	100
$P(П)$	0,18	0,23	0,28

Таким образом, из табл. 2 видно, что вероятность получения требуемого объема информации об ОЯП возрастает при уменьшении

радиуса обнаружения площади, в пределах которой производятся наблюдения за ОЯП.

Заключение

Исходя из данных представленных в табл. 2 видно, что при увеличении радиуса вероятность обнаружения ОЯП снижается.

Полученные результаты свидетельствуют о достаточной эффективности предлагаемого подхода в оценке организации системы ШП в различных условиях ее функционирования, что позволяет разрабатывать оптимальные предложения по созданию системы ШП.

Список литературы

1. Билетов М. В., Тищенко А. И., Кузнецов И. Е. Радиолокационная метеорология (часть 1). Воронеж 2008 – 331 с.

2. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. М.: Росгидромет, 2014. 110с.

3. Авиационно-климатическое описание аэродрома Бесовец 2010-2015 гг, 2016. 89 с.

4. Сальман Е. М., Дивинская Б. Ш. Вероятность радиолокационного обнаружения осадков. Труды ГГО. 1964. Вып. 159.

5. Маслобойщиков А. Н., Серебрянский П. И. Методика оптимизации прогностических методов с учетом Физико-географических условий местности. Материалы XX Международной научно-практической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии». – С 650-653.

Выбор типа катализатора теплового способа защиты от обледенения крыла беспилотного летательного аппарата

А. В. Мельников, email: alexei.melnikov90@yandex.ru
В. Ю. Машин

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *Проведен обзор существующих катализаторов горения, представлено обоснование использования предложенного типа катализатора для обеспечения защиты от обледенения передней кромки крыла малоразмерного беспилотного летательного аппарата.*

Ключевые слова: *катализатор, горение топлива, обледенение, беспилотный летательный аппарат, БпЛА.*

Введение

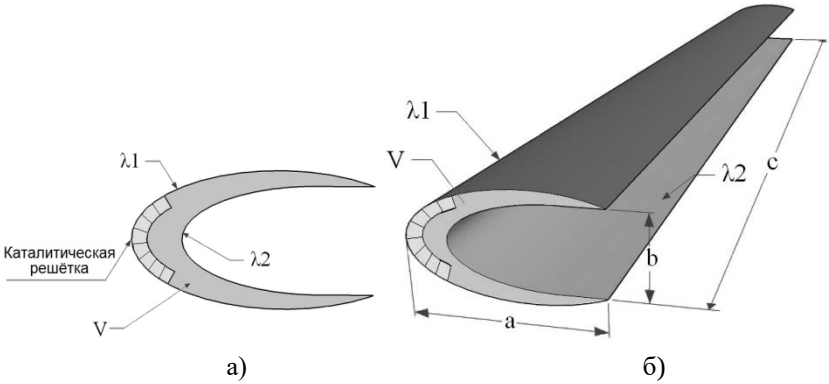
В настоящее время малоразмерные беспилотные летательные аппараты (БпЛА) класса «мини» не оборудованы штатной системой защиты от обледенения. В связи с этим, полеты БпЛА данного класса не производятся, если заранее известно, что на маршруте полета расположена зона облачности с высоким содержанием влаги и температурой воздуха от 0 до -15 ^{0}C [1]. В таких условиях происходит интенсивное обледенение передней кромки крыла, в результате чего может образоваться критическая масса льда, что приведет к крушению БпЛА. Проводимый в работах [2, 3] анализ применяемых в пилотируемой авиации способов защиты от обледенения показал, что существующие противообледенительные системы (ПОС) невозможно использовать для обеспечения функционирования малоразмерных БпЛА в условиях обледенения, ввиду их ограниченной взлетной массы, низкого запаса электроэнергии и мощности двигателя. В работе [4] предложен тепловой способ защиты от обледенения, основанный на каталитическом горении топлива. В предложенном способе катализатор является основным элементом, определяющим энергоэффективность, габаритные размеры и массу разрабатываемой ПОС.

Таким образом, целью данной работы является выбор типа катализатора, обеспечивающего работу тепловой ПОС малоразмерного БпЛА.

© Мельников А. В., Машин В. Ю., 2022

1. Тепловой способ защиты от обледенения крыла БпЛА

Тепловой способ защиты от обледенения основан на установке на передней кромке консолей крыла защитного покрытия с катализатором. Внешний вид и вариант крепления на крыле показаны на рис. 1, 2 [4].



а – профиль защитного покрытия, б – общий вид защитного покрытия

Рис. 1. Внешний вид защитного покрытия тепловой ПОС

На рис. 1 а) показан профиль защитного покрытия, который своей внутренней стенкой с низкой теплопроводностью λ2 повторяет исходный профиль крыла БпЛА. Тепловой способ защиты от обледенения заключается в использовании энергии, получаемой при каталитическом горении топлива, заполняющего внутренний объем V защитного покрытия. В результате каталитического горения через внешнюю стенку защитного покрытия с высокой теплопроводностью λ1 выделяется тепловая энергия, тем самым обеспечивая положительную температуру поверхности передней кромки крыла при полете в зоне обледенения.

2. Выбор типа катализатора и химического состава топлива ПОС

В работе [4] в качестве топлива тепловой ПОС предлагалось использовать бензин, однако анализ литературных источников в области беспламенного горения топлива показал [5–7], что существуют катализаторы применяемые для сжигания природного газа. Такой вид топлива более предпочтителен, так как баллон с газом можно разместить в центроплане и тем самым разгрузить переднюю кромку крыла, избавив ее от заполнения жидким топливом в объеме V, заключенным между внутренней и внешней стенками защитного покрытия. Расстояние между стенками можно сократить, обеспечив тем самым минимальное изменение исходного профиля крыла БпЛА. Это позволит сохранить

центр масс БпЛА в прежней точке, а поступление газа к катализатору можно организовать через резиновые шланги.

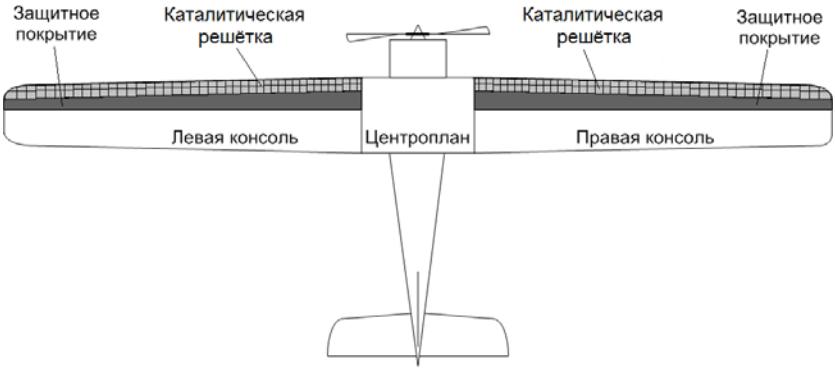


Рис. 2. Расположение защитного покрытия противообледенительной системы БпЛА

В работе [7] для решения задачи беспламенного сжигания природного газа предлагается использовать катализаторы, содержащие оксиды палладия Pd/Al_2O_3. Температура окисления метана на таком катализаторе не превышает 800 ^{0}C [8], чего должно быть достаточно для предотвращения образования льда на передней кромке крыла БпЛА в условиях обледенения сильной интенсивности.

Катализатор наносится на армированные порометаллические носители. Армированный катализатор может быть изготовлен в виде плоских и гофрированных лент, которые затем укладываются слоями на торцевой части защитного покрытия (рис. 2), образуя каталитическую решетку с бидисперсной пористой структурой. Для подвода газа и воздуха к каталитической решетке предлагается использовать раздельную (противоточную) подачу реагентов, как показано на рис. 3.

Газ подается во внутренний объем V защитного покрытия, распределяется по длине и выходит в слой катализатора. Кислород в зону реакции поступает из набегающего воздушного потока, который обдувает переднюю кромку крыла. В результате окисления газа в присутствии катализатора происходит интенсивное выделение тепловой энергии Q на поверхности каталитической решетки, которая распределяется по внешней стенке защитного покрытия.

Для равномерного распределения тепловой энергии по внешней стенке необходимо подобрать материал, обладающий высокой теплопроводностью $\lambda 1$. В тоже время, для предотвращения деформации

обшивки крыла необходимо выбрать материал, из которого будет изготовлена внутренняя стенка защитного покрытия. При этом теплопроводность материала λ2 должна быть значительно меньше λ1.

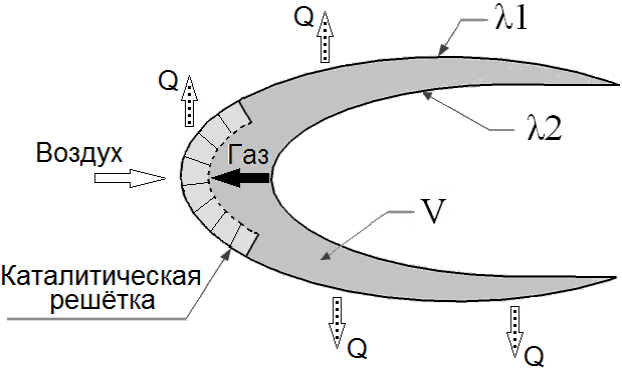


Рис. 3. Расположение защитного покрытия противообледенительной системы БпЛА

Заключение

В данной статье проведен обзор существующих катализаторов горения. Для обеспечения работы теплового способа защиты от обледенения предложен катализатор на основе оксидов палладия Pd/Al_2O_3, применяемый для сжигания природного газа. Это позволит сохранить центр масс БпЛА в прежней точке, а поступление газа к катализатору можно организовать через резиновые шланги.

Дальнейшие исследования будут направлены на выбор материала, из которого будут изготовлены внешняя и внутренняя стенки защитного покрытия. При этом должно выполняться соотношение $\lambda 2 << \lambda 1$, то есть теплопроводность материала λ2 должна быть значительно меньше λ1.

Список литературы

1. Физическая сущность обледенения ВС. Особенности и последствия обледенения // URL: https://studwood.ru/1646622/tehnika/fizicheskaya_suschnost_obledeneniya_osobennosti_posledstviya_obledeneniya (дата обращения: 20.12.21).

2. Самохлеб Н.Н. Анализ современных способов борьбы с обледенением летательных аппаратов / Н.Н. Самохлеб, А.В. Мельников // Сборник статей по материалам VI Межвузовской научно-практической конференции курсантов и слушателей «Молодежные чтения памяти Ю.А. Гагарина» Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. С. 104–108.

3. Демидов А.И., Шишелова Т.И. Проблема обледенения летательных аппаратов и применяемые методы борьбы с ней // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 8 Ч.2. С. 88–89.

4. Мельников А.В. Тепловой способ защиты от обледенения крыла малоразмерного беспилотного летательного аппарата / А.В. Мельников, В.Ю. Машин // Всероссийский форум с международным участием «Академические жуковские чтения». Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития». Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2021. С. 64–67.

5. Астановский Д.Л. Каталитическое окисление природного газа с применением беспламенных горелок новой конструкции / Д.Л. Астановский, Л.З. Астановский, П.В. Кустов // Инженерные проблемы. Эксплуатация и производство. Катализ в промышленности. 2013. – № 1. – М. : ООО «ФАСТ ИНЖИНИРИНГ». С. 34–39.

6. Галанов С.И. Катализаторы сжигания природного газа / С.И. Галанов, А.Ю. Водянкин, В.Н. Попов, И.Н. Мутас, Л.Н. Курина // Известия Томского политехнического университета. 2005. – Т. – 308. – № 4. – С. 109-112.

7. Лукьянов Б.Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах / Б.Н. Лукьянов, Н.А. Кузин, В.А. Кириллов, В.А. Куликов, В.Б. Шигаров, М.М. Данилова // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. – № 9. – С. 667–677.

8. Слептерев А.А. Палладиевые катализаторы на оксиде алюминия, модифицированном оксидами РЗЭ / А.А. Слептерев, П.Г. Цырульников // ОНВ. – 2013. – №1 (117). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/palladievye-katalizatory-na-okside-alyuminiya-modifitsirovannom-oksidami-rze (дата обращения: 11.01.2022).

Исследование однородных пространств с совершенной алгеброй голономии

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Объектом исследования являются алгебры голономии инвариантных связностей на однородных пространствах. Определены основные понятия: инвариантная аффинная связность, тензор кручения, тензор кривизны, алгебра голономии. Целью работы является описание совершенных алгебр голономии аффинных связностей на однородных пространствах. Проведено локальное описание трехмерных однородных пространств, допускающих инвариантную связность с совершенной алгеброй голономии, что эквивалентно описанию соответствующих эффективных пар алгебр Ли. Описаны тензоры кривизны и кручения и сами совершенные алгебры голономии указанных связностей. Методика исследований ориентирована на использование средств компьютерной алгебры, теории групп и алгебр Ли, а также теории однородных пространств.*

Ключевые слова: *алгебра голономии, однородное пространство, аффинная связность, тензор кривизны, тензор кручения.*

Введение

Многообразие обладает совершенной группой голономии, если вся алгебра голономии порождается только операторами кривизны. Связь совершенной группы голономии лоренцевых пространств с рекуррентными тензорными полями рассматривается, например, в [1]. С описанием алгебр голономии тривиальных связностей на однородных пространствах с неразрешимыми группами преобразований можно ознакомиться в [2], целью же данной статьи является определение, при каких условиях алгебра голономии является совершенной. Работа является продолжением исследований автора в области дифференциальной геометрии с использованием пакетов аналитических вычислений.

Основная часть

Пусть M – дифференцируемое многообразие, на котором транзитивно действует группа $\overline{G}$, $G = \overline{G}_x$ – стабилизатор произвольной

© Можей Н. П., 2022

точки $x \in M$. Пусть $\overline{\mathfrak{g}}$ – алгебра Ли группы Ли $\overline{G}$, а $\mathfrak{g}$ – подалгебра, соответствующая подгруппе G. Там, где это не будет вызывать разночтения, будем отождествлять подпространство, дополнительное к $\mathfrak{g}$ в $\overline{\mathfrak{g}}$, и факторпространство $\mathfrak{m} = \overline{\mathfrak{g}}/\mathfrak{g}$. Аффинной связностью на паре $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называется такое отображение $\Lambda : \overline{\mathfrak{g}} \to \mathfrak{gl}(\mathfrak{m})$, что его ограничение на $\mathfrak{g}$ есть изотропное представление подалгебры, а все отображение является $\mathfrak{g}$-инвариантным. Тензор кручения $T \in InvT_2^1(\mathfrak{m})$ и тензор кривизны $R \in InvT_3^1(\mathfrak{m})$ для всех $x, y \in \overline{\mathfrak{g}}$ имеют вид:

$$T(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = \Lambda(x)y_{\mathfrak{m}} - \Lambda(y)x_{\mathfrak{m}} - [x, y]_{\mathfrak{m}},$$

$$R(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = [\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]).$$

Одной из важнейших характеристик связности является группа голономии. Переформулируем теорему Вана [3] об алгебре голономии: алгебра Ли $\mathfrak{h}^*$ группы голономии инвариантной связности $\Lambda : \overline{\mathfrak{g}} \to \mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ на паре $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ – это подалгебра алгебры $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ вида $V + [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), V] + [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), V]] + \ldots$, где V – подпространство, порожденное множеством $\{[\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]) \mid x, y \in \overline{\mathfrak{g}}\}$. Положим $\mathfrak{a}_{\overline{\mathfrak{g}}}$ равной подалгебре $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$, порожденной $\{\Lambda(x); x \in \overline{\mathfrak{g}}\}$.

Многообразие обладает совершенной группой голономии, если алгебра голономии порождается лишь операторами кривизны.

Будем описывать пару $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ при помощи таблицы умножения алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$ в базисе $\{e_1, \ldots, e_n\}$, $n = \dim \overline{\mathfrak{g}}$, причем $\{e_1, \ldots, e_{n-3}\}$ – базис $\mathfrak{g}$, а $\{u_1 = e_{n-2}, u_2 = e_{n-1}, u_3 = e_n\}$ – базис $\mathfrak{m}$. Для нумерации подалгебр используем запись $d.n$, а для нумерации пар – запись $d.n.m$, здесь d – размерность подалгебры, n – номер подалгебры в $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$, а m – номер пары $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$. В дальнейшем, если на параметры, появляющиеся в процессе классификации, накладываются дополнительные условия, то они записываются в таблице умножения, в противном случае предполагается, что параметры пробегают все $\mathbb{R}$. Будем выписывать аффинную связность через $\Lambda(u_1)$, $\Lambda(u_2)$, $\Lambda(u_3)$, а тензор кривизны R – через $R(u_1, u_2)$, $R(u_1, u_3)$, $R(u_2, u_3)$. Все указанные далее связности являются связностями без кручения. Также далее везде по умолчанию будет предполагаться, что алгебра голономии является ненулевой.

Проведение вычислений для нахождения совершенных алгебр голономии наиболее эффективно с использованием систем

компьютерной математики, в частности, в системы Maple (пакеты DifferentialGeometry, GroupActions, LieAlgebras, Tensor и другие).

Рассмотрим, например, случай 4.13, где

$$\mathfrak{g}=\left\{\left.\begin{pmatrix} x & z & u \\ 0 & \lambda y & y \\ 0 & -y & \lambda y \end{pmatrix}\right| x,y,z,u\in\mathbb{R},\lambda\geq 0\right\},$$

базис подалгебры выбираем, придав одной и латинских переменных значение 1, а остальным 0, нумерация базисных векторов соответствует алфавиту. Нильпотентная подалгебра $\mathfrak{h}$ порождена векторами e_1 и e_2. Пусть $q:\mathfrak{g}\to L(\mathfrak{m},\mathfrak{g})$ – линейное отображение, такое, что $q([x,y])=x.q(y)-y.q(x),\ x,y\in\mathfrak{g}.$ Рассмотрим комплексный модуль $(\mathfrak{g}^{\mathbb{C}},\mathfrak{m}^{\mathbb{C}})$. Положим $\tilde{e}_i=e_i\otimes 1,\quad 1\leq i\leq 4,\quad \tilde{u}_j=u_j\otimes 1,\quad 1\leq j\leq 3.$ Тогда $\tilde{E}=\{\tilde{e}_1,\tilde{e}_2,\tilde{e}_3,\tilde{e}_4\}$ – базис $\mathfrak{g}^{\mathbb{C}}$. Векторное пространство $\mathfrak{m}^{\mathbb{C}}$ может быть отождествлено с $\mathbb{C}^3$, $\{\tilde{u}_1,\tilde{u}_2,\tilde{u}_3\}$ – стандартный базис $\mathfrak{m}^{\mathbb{C}}$. Поскольку $\mathfrak{g}^{(0,0)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}e_1\oplus\mathbb{C}e_4$, $\mathfrak{g}^{(1,-\lambda+i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)$, $\mathfrak{g}^{(1,-\lambda-i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)$, $(\mathfrak{m}^{\mathbb{C}})^{(0,-\lambda+i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)$, $(\mathfrak{m}^{\mathbb{C}})^{(0,-\lambda-i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)$, $(\mathfrak{m}^{\mathbb{C}})^{(1,0)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}u_1$, имеем $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_1)(\tilde{u}_1)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_1)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_1)(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_1)(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_1)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_4)(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_4)(\tilde{u}_1)=0$, $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_4)(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)=0$. Поэтому $q^{\mathbb{C}}(\tilde{e}_i)(u_j)=0,\quad 1\leq i\leq 4,\quad 1\leq j\leq 3.$ Имеем $\overline{\mathfrak{g}}^{(0,0)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}e_1\oplus\mathbb{C}e_4$, $\overline{\mathfrak{g}}^{(1,-\lambda+i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)$, $\overline{\mathfrak{g}}^{(1,-\lambda-i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)$, $\overline{\mathfrak{g}}^{(0,-\lambda+i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3)$, $\overline{\mathfrak{g}}^{(1,0)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}u_1$, $\overline{\mathfrak{g}}^{(0,-\lambda-i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})=\mathbb{C}(\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3)$, тогда $[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3]\in\overline{\mathfrak{g}}^{(1,\lambda+i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})$, $[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3]\in\overline{\mathfrak{g}}^{(1,\lambda-i)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})$, $[\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3,\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3]\in\overline{\mathfrak{g}}^{(0,2\lambda)}(\mathfrak{h}^{\mathbb{C}})$. Если $\lambda\neq 0$, то пара $(\overline{\mathfrak{g}},\mathfrak{g})$ тривиальна (т.е. существует коммутативный идеал $\mathfrak{m}$ алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$, такой, что $\mathfrak{g}\oplus\mathfrak{m}=\overline{\mathfrak{g}}$). Связность на этой паре, тензоры кривизны и кручения, алгебра голономии нулевые. Если $\lambda=0$, то $[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3]=[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2]+i[\tilde{u}_1,\tilde{u}_3]\in\mathbb{C}(\tilde{e}_2+i\tilde{e}_3)$, $[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3]=[\tilde{u}_1,\tilde{u}_2]-i[\tilde{u}_1,\tilde{u}_3]\in\mathbb{C}(\tilde{e}_2-i\tilde{e}_3)$, $[\tilde{u}_2+i\tilde{u}_3,\tilde{u}_2-i\tilde{u}_3]=-2i[\tilde{u}_2,\tilde{u}_3]\in\mathbb{C}e_1+\mathbb{C}e_4$. Тогда $[u_1,u_2]=a_2e_2+a_3e_3$, $[u_1,u_3]=b_2e_2+b_3e_3$, $[u_2,u_3]=c_1e_1+c_4e_4$. В силу тождества Якоби получаем, что $[u_1,u_2]=a_2e_2$, $[u_1,u_3]=a_2e_3$,

$[u_2, u_3] = a_2 e_4$. При $a_2 = 0$ пара $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ тривиальна (связность на ней, тензоры кривизны и кручения, алгебра голономии нулевые). При a_2>0 эквивалентность пар $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ и 4.13.2 устанавливается посредством $\pi : \overline{\mathfrak{g}}_2 \to \overline{\mathfrak{g}}$, $\pi(e_i) = e_i$, $i = \overline{1,4}$, $\pi(u_j) = a_2^{-1/2} u_j$, $j = \overline{1,3}$, где

4.13.2	e_1	e_2	e_3	e_4	u_1	u_2	u_3
e_1	0	e_2	e_3	0	u_1	0	0
e_2	$-e_2$	0	0	e_3	0	u_1	0
e_3	$-e_3$	0	0	$-e_2$	0	0	u_1
e_4	0	$-e_3$	e_2	0	0	$-u_3$	u_2
u_1	$-u_1$	0	0	0	0	e_2	e_3
u_2	0	$-u_1$	0	u_3	$-e_2$	0	e_4
u_3	0	0	$-u_1$	$-u_2$	$-e_3$	$-e_4$	0

Связность на этой паре и ее тензор кручения нулевые, тензор кривизны имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Алгебра, порожденная множеством $R(u_i, u_j)$, т. е. $V = \{[\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]) \mid x, y \in \overline{\mathfrak{g}}\}$, совпадает с алгеброй голономии (таким образом, группа голономии совершенна) и имеет вид

$$\left\{ \begin{pmatrix} 0 & p & p \\ 0 & 0 & -p \\ 0 & p & 0 \end{pmatrix}, p, p, p \in \mathbb{R} \right\}.$$

При a_2<0 пара $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ при помощи $\pi\, \overline{\mathfrak{g}}_3 \to \overline{\mathfrak{g}}$, $\pi(e_i) = e_i$, $\pi(u_j) = (-a_2)^{-1/2} u_j$, $i = \overline{1,4}$, $j = \overline{1,3}$ эквивалентна паре 4.13.3 (поскольку $\dim D\overline{\mathfrak{g}}_1 \neq \dim D\overline{\mathfrak{g}}_2$ и $\dim D\overline{\mathfrak{g}}_1 \neq \dim D\overline{\mathfrak{g}}_3$, ни одна из пар 4.13.2 и 4.13.3 не эквивалентна тривиальной паре; подалгебры Леви алгебр 4.13.2 и 4.13.3 $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{R})$ и $\mathfrak{su}(2)$ соответственно, следовательно, пары не эквивалентны), где

4.13.3	e_1	e_2	e_3	e_4	u_1	u_2	u_3

e_1	0	e_2	e_3	0	u_1	0	0
e_2	$-e_2$	0	0	e_3	0	u_1	0
e_3	$-e_3$	0	0	$-e_2$	0	0	u_1
e_4	0	$-e_3$	e_2	0	0	$-u_3$	u_2
u_1	$-u_1$	0	0	0	0	$-e_2$	$-e_3$
u_2	0	$-u_1$	0	u_3	e_2	0	$-e_4$
u_3	0	0	$-u_1$	$-u_2$	e_3	e_4	0

Связность на этой паре и ее тензор кручения также нулевые, тензор кривизны имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

алгебра голономии порождается лишь операторами кривизны (т. е. группа голономии совершенна) и имеет вид, приведенный в случае 4.13.2. Остальные случаи рассматриваются аналогично.

Заключение

С использованием системы аналитических вычислений получены новые результаты в теории инвариантных связностей на многообразиях, а именно, найдены трехмерные однородные пространства, допускающие аффинную связность с совершенной алгеброй голономии, что эквивалентно описанию соответствующих эффективных пар алгебр Ли. Описаны тензоры кривизны и кручения и сами совершенные алгебры голономии указанных связностей. Методика исследований ориентирована на использование средств компьютерной алгебры, теории групп и алгебр Ли, а также теории однородных пространств.

Список литературы

1. Кайгородов, В. Р. Полусимметрические лоренцевы пространства с совершенной группой голономии/ В. Р. Кайгородов // Гравитация и теория относительн. 1978. – № 14–15. – С. 113–120.

2. Можей, Н. П. Ненулевые алгебры голономии тривиальных связностей на однородных пространствах с неразрешимыми группами преобразований/ Н. П. Можей // Известия Гомельского государственного университета. 2018. – № 6 (111). – С. 81–88.

3. Wang, H. C. On invariant connections over a principal fibre bundle/ H. C. Wang // Nagoya Math. J. 1958. – № 13. – P. 1–19.

Оценка помехозащищенности канала управления беспилотным летательным аппаратом в условиях воздействия помех от движущегося источника на основе имитационного моделирования

А. А. Молев, email: alexei_molev@mail.ru
И. В. Зайцев, email: igorwz@mail.ru
А. А. Воронов, email: raven.vrn@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана динамическая имитационная модель функционирования канала управления беспилотным летательным аппаратом в условиях воздействия непреднамеренных помех от движущегося источника. При моделировании учитываются частотно-энергетические и пространственно-временные характеристики аппаратуры управления оператора, беспилотного летательного аппарата и источника непреднамеренных помех. Выходным показателем является вероятность успешного управления беспилотным летательным аппаратом за время полета. Модель реализована в среде Anylogic с визуальным отображением объектов в трехмерном пространстве.*

Ключевые слова: *канал управления, беспилотный летательный аппарат, воздействие помех, движущийся источник помех, имитационное моделирование.*

Введение

Активное применение дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) во многих областях как гражданской, так и военной деятельности обусловливает необходимость обеспечения надежного канала управления ими на требуемом расстоянии от оператора. За счет низкой стоимости и простоты конструкции, широкое распространение получили малоразмерные БпЛА типа Phantom, Mavic, радиолиния управления и передачи данных которых работает в симплексном режиме с временным разделением каналов управления (от оператора на БпЛА) и канала передачи данных (с БпЛА на оператора).

Применительно к решению задач БпЛА в экстремальных и сложных природно-географических условиях, например, в интересах автоматизированных систем управления экологически опасными объектами, системы обеспечения ликвидации последствий масштабных

© Молев А. А., Зайцев И. В., Воронов А. А., 2022

чрезвычайных ситуаций [1, 2] необходимо обеспечение непрерывного управления БпЛА для любых условий рельефа местности, надежности связи при высокой мобильности абонентов, защищенности каналов связи от несанкционированного доступа.

В таких условиях наличие непреднамеренных помех от различных источников на входе приемника БпЛА, препятствует поступлению соответствующих команд управления на БпЛА и приему информации от БпЛА, что может приводить к срыву выполнения задачи. Источники непреднамеренных помех могут располагаться в произвольных местах и излучать сигналы различной мощности, в том числе превышающей уровень сигнала от оператора, на частотах, близких к рабочей или на ее гармонических составляющих. При этом наиболее сложными условиями для выполнения полета будет являться излучение непреднамеренных помех с применением антенн, с автоматическим ориентированием в направлении БпЛА.

Необходимость учета большого количества факторов, влияющих на эффективность функционирования канала управления (в том числе траектории движения БпЛА и источника помех, случайные факторы расположения источников помех и характеристики мешающих сигналов), определяет целесообразность применения имитационного моделирования для оценки помехозащищенности канала управления БпЛА. Целью работы является разработка имитационной модели выполнения полета беспилотным летательным аппаратом в условиях воздействия непреднамеренных помех от движущегося источника.

1. Общее описание имитационной модели

Рассматриваемая модель представлена системой из трех основных объектов: БпЛА, оператор и источник непреднамеренных помех. При этом БпЛА и источник помех движутся по заданной траектории с постоянной скоростью. Помимо этого, от источника помех передающая антенна ориентируется в направлении БпЛА с некоторой ошибкой наведения. Иллюстрация пространственных характеристик объектов имитационной модели представлена на рис. 1.

В разработанной имитационной модели приняты следующие допущения:

– в рассматриваемой системе функционируют один БпЛА и один источник непреднамеренных помех;

– между БпЛА и оператором, а также БпЛА и источником непреднамеренных помех отсутствуют объекты, препятствующие распространению радиоволн;

– источник помех движется по абсолютно ровной поверхности (без перепада высот), БпЛА на протяжении полета не меняет высоту;

– БпЛА не меняет траекторию движения в случае эффективного помехового воздействия на его канал управления;

– каналы управления и передачи данных работают в симплексном режиме с временным разделением;

– потери энергии в антенно-фидерных трактах считаются пренебрежительно малыми;

– антенны БпЛА и оператора имеют вертикальную поляризацию.

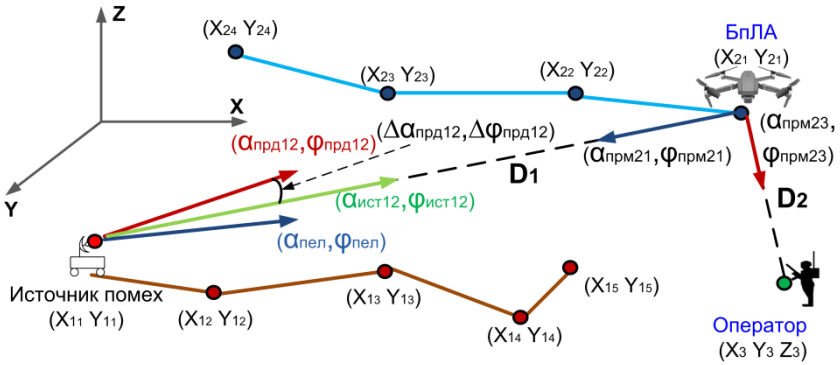


Рис. 1. Пространственные характеристики объектов имитационной модели

В качестве исходных данных задаются:

– координаты точек траекторий перемещения источника непреднамеренных помех $(x_1, y_1)_i$, $i = 1 \ldots n$ и БпЛА $(x_2, y_2)_j$, $j = 1 \ldots m$;

– скорости движения источника непреднамеренных помех v_1 и БпЛА v_2;

– координаты оператора (x_3, y_3);

– высоты поднятия передающих антенн источника непреднамеренных помех h_1 и пульта управления оператора h_3, высота полета БпЛА h_2;

– рабочая частота f сигнала радиолинии управления и передачи данных;

– значение выходной мощности передатчиков источника непреднамеренных помех P_1 и пульта управления оператора P_2;

– критериальный уровень воздействия непреднамеренных помех на канал управления БпЛА K_n;

– коэффициенты усиления антенн в направлении главного лепестка диаграммы направленности (ДН) передающих антенн ИПП G_1 и ПУ оператора G_2;

– нормированные ДН передающих антенн, заданные двумерными матрицами, в которых номер столбца соответствует азимуту α, номер строки – углу места φ, а значение ячейки – коэффициенту усиления антенны K_u в заданном направлении (α,φ). При этом, значения K_u могут быть получены с использованием выражения аппроксимации диаграммы направленности параболической зеркальной антенны [3] с эквивалентным усилением $K_{0\,dB}$ [дБ]:

$$K_u\left(K_{0\,dB},\alpha\right)=\begin{cases}K_{0\,dB}-0,0025(D_\lambda\cdot\alpha)^2, & \textit{если } 0\le\alpha\le\alpha_m(D_\lambda)\\ 2+15\lg(D_\lambda), & \textit{если } \alpha_m(D_\lambda)\le\alpha\le\alpha_1(D_\lambda)\\ 52-10\lg(D_\lambda)-25\lg(\alpha), & \textit{если } \alpha_1(D_\lambda)\le\alpha\le 48^\circ\\ -10-10\lg(D_\lambda), & \textit{если } 48^\circ\le\alpha\le 90^\circ\end{cases} \quad (1)$$

где $D_\lambda=10^{0,05(K_{0\,dB}-7,7)}$ – диаметр параболического зеркала; $\alpha_m(D_\lambda)=20/D_\lambda\sqrt{5,7+5\log(D_\lambda)}$ [град.] – направление на границе интервала аппроксимации; $\alpha_1(D_\lambda)=100/D_\lambda$ [град.] – направление на первый боковой лепесток.

Нормированная диаграмма направленности антенн с вертикальной поляризацией, применяемых на БпЛА, в угломестной плоскости может определяться выражением:

$$K_u(\varphi)=\cos\varphi, \quad (2)$$

где φ – угол места, а в азимутально-угломестной системе координат может быть задана выражением:

$$K_u(\alpha,\phi)=K_u(\alpha)\cdot K_u(\phi). \quad (3)$$

При наличии заданной информации о типе и геометрических параметрах антенн, значения K_u могут быть получены с применением средств моделирования пакета Antenna Toolbox среды Matlab [4]. Также, может использоваться нормированная диаграмма направленности реальной антенны, значения K_u которой получены экспериментально.

Выходным показателем является вероятность успешного управления БпЛА, равная отношению суммарной длительности интервалов времени, в течение которых значение сигнал/ помеха превышало заданный уровень, к общей продолжительности эксперимента:

$$P_{упр} = \frac{1}{t_к} \cdot \sum_{i=1}^{N} \Delta t_{упр\,i} \text{ ю} \qquad (4)$$

В основу работы имитационной модели положен алгоритм, схема которого изображена на рис. 2. Он представляет собой цикл с постусловием и включает следующие процедуры.

В первую очередь вводятся исходные данные модели, перечисленные выше.

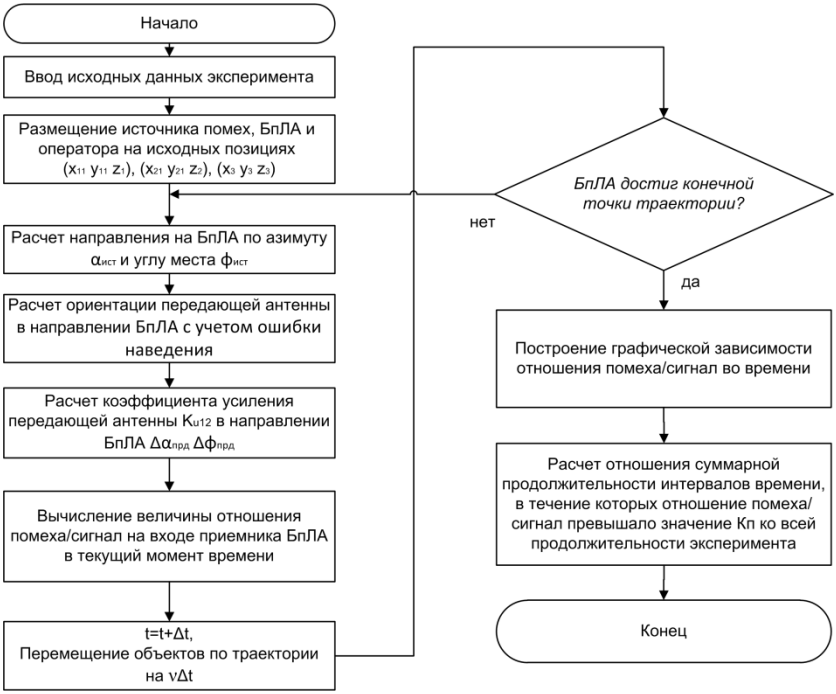


Рис. 2. Общий алгоритм работы имитационной модели

Следующим шагом осуществляется размещение имитируемых объектов системы в заданных координатах виртуального трехмерного пространства (подвижные объекты размещаются в начальной точке

траекторий движения), после чего начинается цикл расчета параметров системы в заданные моменты времени (с периодичностью Δt) в следующем порядке:

– расчет значений истинного $(\alpha_{ист}, \varphi_{ист})$ и измеренного $(\alpha_{изм}, \varphi_{изм})$ пеленгов с источника помех на БпЛА в текущий момент времени. Измеренный пеленг определяется как сумма истинного значения пеленга и случайной ошибки, значение которой генерируется снова для каждого момента времени по нормальному закону с учетом заданной среднеквадратической ошибки;

– расчет углов ориентации передающей антенны;

– расчет K_u передающей антенны источника помех в направлении на БпЛА $(\Delta\alpha_{прд}, \Delta\varphi_{прд})$;

- расчет отношения сигнал/помеха на входе приемника БпЛА с фиксацией в памяти полученного значения для текущего момента времени с применением уравнения радиопротиводействия для линий радиосвязи на основе уравнения радиопередачи [5]:

$$\frac{P_1 \cdot G_1 \cdot {K_{U12}}^2 \cdot {K_{U21}}^2 \cdot {D_{23}}^2(t) \cdot F_{12}(t)}{P_3 \cdot G_3 \cdot {K_{U32}}^2 \cdot {K_{U23}}^2 \cdot {D_{12}}^2(t) \cdot F_{32}(t)} \geq K_{\Pi} \qquad (5)$$

Затем, производится перемещение подвижных объектов по траектории движения на расстояние $v\Delta t$, присвоение новых значений их координат и времени $t = t + \Delta t$, после чего проверяется условие достижения БпЛА конечной точки траектории движения. Если БпЛА не достиг конечной точки траектории, цикл расчетов продолжается, в противном случае цикл прерывается и проводится расчет вероятности успешного управления БпЛА,

Значение вероятности успешного управления БпЛА и график изменения значения помеха/сигнал во времени выводятся на экран в окне результатов эксперимента.

2. Реализация имитационной модели.

В соответствии с приведенными алгоритмами была разработана имитационная модель в среде Anylogic, выбор которой обусловлен следующими факторами:

– возможность одновременного использования различных подходов имитационного моделирования;

– возможности проектирования и визуализации, присущие пакетам моделирования высокого уровня (OPNET Modeler, QUALNet, Network Simulator, ns2 и др.) и глубокой проработки функционирования

отдельных элементов с использованием языка Java, характерной для низкоуровневых сред программирования (Eclipse, CodeGear RAD Studio, Microsoft Visual Studio и др.);

– наличие средств автоматизации планирования и проведения исследовательских экспериментов;

– возможность построения в автоматическом режиме зависимостей характеристик модели от различных параметров;

– возможность управления ходом эксперимента во время его выполнения;

– возможность визуализации процессов динамических систем с помощью трехмерной презентации, способствующей лучшему восприятию модели при ее отладке и демонстрации работы.

Программная реализация выполнена на основе использования агентного подхода, заключающегося в представлении исследуемой системы в виде совокупности взаимодействующих активных объектов. Аргументами в пользу применения агентного подхода являются наличие в системе активных объектов с отчетливо выраженным индивидуальным поведением, рассмотрение глобального поведения системы как результата совокупной деятельности активных объектов.

Активными объектами (агентами) в рамках решаемой задачи заданы БпЛА (агент UAV), оператор БпЛА (агент Operator), источник помех (агент SourceRad). Кроме того, агент SourceRad содержит внутри себя агент Antenna, включающий параметры углов ориентации антенны. Внутри агента Antenna, в свою очередь, создан агент DNA, содержащий параметры диаграммы направленности антенны. Общий вид разработанной модели представлен на рис. 3. Для более удобного восприятия модели при ее отладке и демонстрации работы, активные объекты, а также трехмерное пространство, в котором они перемещаются, были визуализированы с помощью трехмерной презентации Anylogic.

Перед началом эксперимента задаются траектории движения БпЛА и источника помех путем изменения положения точек кривых Polyline1 и Polyline2. После этого производится запуск модели и на экран выводится форма ввода основных исходных данных рассматриваемой системы (рис. 7). После ввода исходных данных и установки объектов на исходные позиции начинается эксперимент, в течение которого на основном экране эксперимента наблюдается перемещение БпЛА и источника непреднамеренных помех (рис. 6), а также текущие значения переменных, используемых при расчетах. В ходе эксперимента производится расчет отношения сигнал/ помеха на входе приемника БпЛА с учетом текущей ориентации передающей антенны источника

непреднамеренных помех. Эксперимент продолжается до момента прибытия БпЛА в конечную точку траектории.

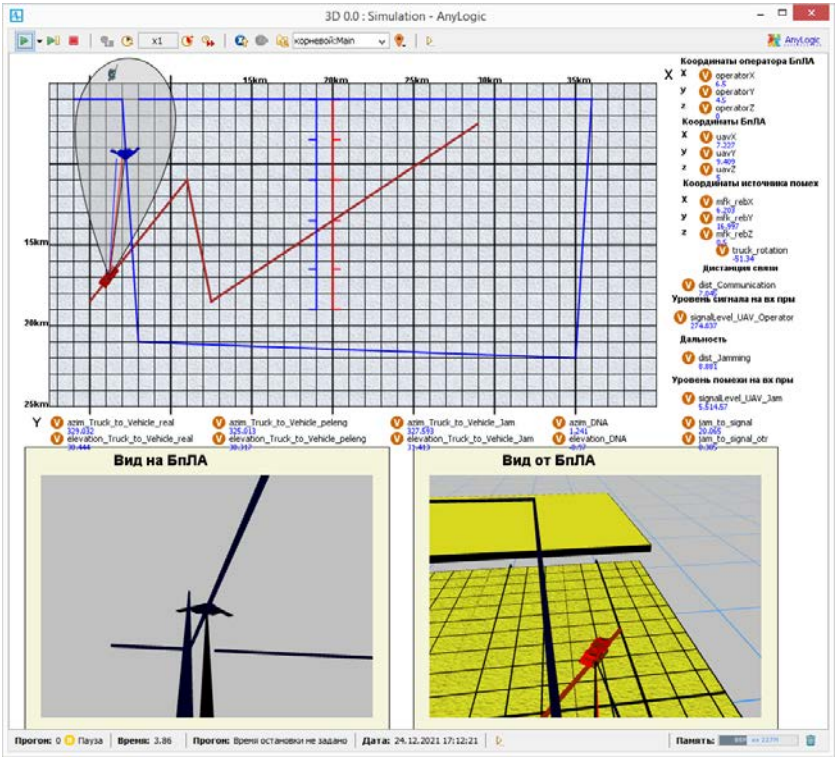


Рис. 3. Общий вид имитационной модели в среде Anylogic

По достижении БпЛА конечной точки траектории эксперимент останавливается и на экран выводятся результаты, экранная форма которых представлена на рис. 4. В результатах проведенного эксперимента отображается график изменения отношения сигнал/помеха в ходе эксперимента, а также значение направления от источника помех на БпЛА по азимуту и углу места и значение вероятности успешного управления БпЛА.

Для обеспечения требуемой точности исследования проводятся сериями экспериментов, для усреднения результатов и анализа зависимостей между характеристиками источников помех, приемо-передающей аппаратуры БпЛА и пульта управления оператора, и

эффективностью воздействия помех на канал управления при заданных пространственно-энергетических характеристиках системы.

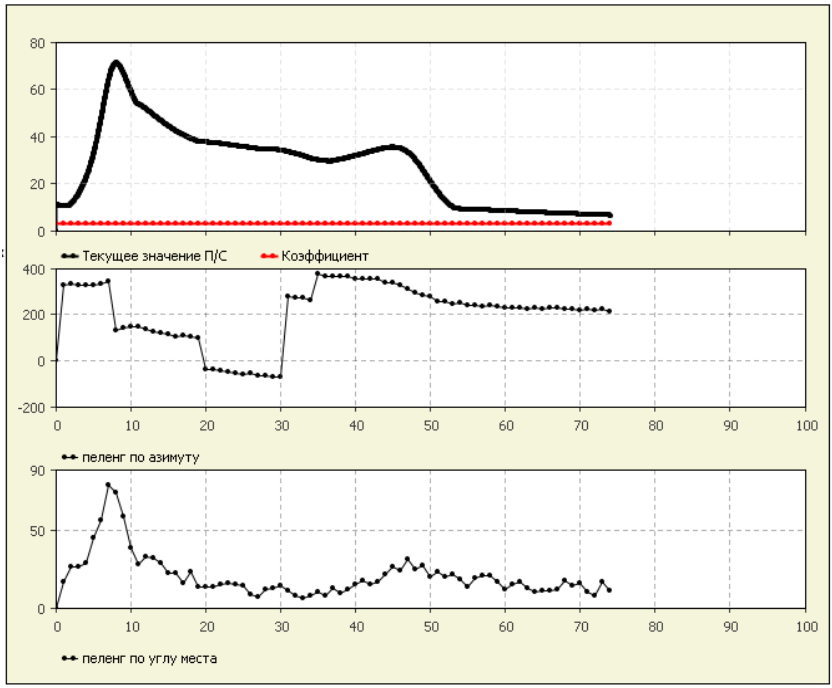


Рис. 4. Отображение выходных результатов моделирования

Необходимое количество реализаций рассчитывается с применением выражения для количества независимых опытов, в каждом из которых событие появляется с заданной вероятностью [6]:

$$N = \frac{p(1-p)}{\varepsilon^2}\left[\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2}Q\right)\right]^2 \qquad (6)$$

где Q – «уровень доверия», т.е. вероятность того, что частота события отклонится от заданной вероятности p менее чем на ε, Φ^{-1} – функция, обратная функции Лапласа, а значение функции $\left[\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2}Q\right)\right]^2$ определяется значением из таблицы для заданного Q.

Таблица

Значения функции при заданном «уровне доверия»

Q	0,80	0,85	0,90	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
$\left[\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2}Q\right)\right]^2$	1,64	2,08	2,71	3,84	4,21	4,49	5,43	6,61

Выходным показателем является средняя вероятность успешного управления БпЛА, вычисляемая с применением выражения (4) по результатам проведения серии экспериментов, для заданного множества вариантов пространственных характеристик системы.

Заключение

Разработана динамическая имитационная модель, позволяющая оценить эффективность функционирования канала управления БпЛА в условиях воздействия непреднамеренных помех от движущегося источника с учетом изменения во времени отношения помеха/сигнал на входе приемника БпЛА при заданных траекториях и скоростях движения объектов, частотно-энергетических и пространственно-временных характеристиках аппаратуры управления оператора, беспилотного летательного аппарата и источника непреднамеренных помех. Разработанная модель применима для БпЛА, канал управления и передачи данных, которых работает в симплексном режиме с временным разделением. Выходным показателем является вероятность успешного управления беспилотным летательным аппаратом за время полета. Модель реализована в среде Anylogic с визуальным отображением объектов в трехмерном пространстве. Модель может быть использована для проведения научно-исследовательских экспериментов для сравнительного анализа различных вариантов построения аппаратуры управления БпЛА, при их проектировании и в ходе эксплуатации.

Список литературы

1. Агалаков, Ю. Г. Особенности моделирования телекоммуникационных компонентов автоматизированных систем управления / Ю. Агалаков // Журнал РАН: Информационные технологии и вычислительные системы. – 2014. – №2. – С. 26 – 36.

2. Рябов, К. Азербайджан и Армения: беспилотное противостояние [Электронный ресурс] / Военное обозрение. – Режим доступа: https//topwar.ru/176924-azerbajdzhan-i-armenija-bespilotnoe-protivostojanie.html

3. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи. Учебное пособие для вузов / М.А. Быховский [и др.]; под ред. М.А. Быховского.- М. : Горячая линия-Телеком, 2014. – 332 с.

4. Типикин, А.А. Моделирование антенных устройств в Matlab с использованием пакета расширения Antenna Toolbox / А.А. Типикин. – М.: Солон-Пресс, 2016. – 116 с.

5. Осипов, А.С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП: учебник / А.С. Осипов; под науч. ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 344 с.

6. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М. : Сов. Радио, 1972. – 552 с.

Математическая модель вакуумной сублимационной сушки с неравномерным распределением паров по объемам лабораторного и промышленного лиофилизаторов

Е. К. Мохова, email: lizi5263@yandex.ru
М. Г. Гордиенко, email: gordienko@muctr.ru

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Аннотация. *В рамках данной работы были совместно использованы две модели: математическая модель для расчета кинетики процесса вакуумной сублимационной сушки (код Python); модель на основе вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD) для прогнозирования давления водяных паров над поверхностью материала (программный пакет ANSYS Fluent 17.0). Передача данных между моделями осуществлялась посредством передачи значений массового потока испаряемой влаги, рассчитанного по модели кинетики сушки, через файлы UDF (пользовательские функции) в заданные интервалы времени (через каждые 1000 с). Полученные распределения парциального давления водяного пара передавались в модель кинетики в качестве граничных условий для следующего цикла итераций. Совместное решение двух математических моделей позволило получить кинетические характеристики процесса сушки для 2 масс. % водного альгината натрия с учетом неравномерного распределения водяных паров по объему вакуумной камеры.*

Ключевые слова: *вакуумная сублимационная сушка, тепло- и массоперенос, кинетика сушки, CFD, математическое моделирование.*

Введение

Процесс вакуумной сублимационной сушки применяется для обезвоживания термолабильных веществ, и широко используется в биотехнологии, фармацевтической и пищевой промышленностях для получения сухих тканей, препаратов и продуктов без потери их структурной целостности, и биологической активности [1]. В настоящее время существует необходимость исследования влияния градиентов давления, возникающих в вакуумной камере, на скорость процесса сушки материалов, находящихся на разном удалении от конденсора. Неравномерный отвод паров растворителя от поверхности материала во время процесса сушки может приводить к возникновению существенных различий в скоростях сушки в разных участках камеры [2].

© Мохова Е. К., Гордиенко М. Г., 2022

Недавние теоретические исследования и моделирование газодинамики показали, что на поверхности сублимации могут существовать градиенты давления [3, 4]. Давление в камере может существенно повлиять на скорость теплопередачи и, следовательно, на скорость сублимации материала [2, 5]. При достаточно высоком градиенте давления, материалы, находящиеся на разных полках, могут достигать разной степени сухости, – это может повлиять на однородность партии или в некоторых случаях повредить продукт [5]. Так как многие термолабильные материалы и лекарственные вещества являются достаточно дорогими, то актуальной задачей на сегодня является снижение количества проведенных экспериментов, что в свою очередь может существенно снизить экономические затраты на провальный эксперимент. Поэтому предложен подход объединения математической модели кинетики сублимационной сушки и CFD-моделирования газодинамики в аппаратах различного объема.

Целью данной работы являлась разработка и программная реализация математической модели процесса вакуумной сублимационной сушки с учетом неравномерного распределения водяных паров по объему вакуумной камеры и их влияния на кинетику сушки материалов, находящихся на разном удалении от конденсора.

1. Математическое моделирование вакуумной сублимационной сушки

В данной работе кинетическая модель (код в Python) объединялась с CFD-моделью распределения водяных паров по объему лабораторного и промышленного лиофилизаторов. Алгоритм расчета реализуется следующим образом. Сначала задается постоянное значением давления. Затем, при заданном давлении, в собственном программном коде Python производится расчет кинетики сушки при заданных начальных условиях и заданном режиме сушки. В результате работы в Python рассчитываются значения температуры и влагосодержания материала. В процессе расчета в Python значения температуры материала и потока водяного пара из материала фиксируются на каждом тысячном шаге по времени (например, $\tau = 0$ секунд, $\tau = 1000$ секунд, $\tau = 2000$ секунд, и так далее) и записываются в соответствующие UDF файлы (temperature_flow и mass_flow_rate). Данные UDF файлы прикрепляются в качестве граничных условий к соответствующим областям созданных 3D геометрий (т.е. к нагревательным полкам 1 и 5) в ANSYS Fluent 17.0. Затем, производится расчет газодинамики в ANSYS Fluent 17.0, в результате которого получают профили распределения давления в рабочей камере. В процессе расчета над полками 1 и 5 фиксируют значения давлений также в каждый тысячный момент времени ($\tau = 0$

секунд, τ = 1000 секунд, τ = 2000 секунд, и так далее). Затем, данные значения давлений передаются в код Python в качестве граничных условий, и производится перерасчет кинетики сушки отдельно для 1 и отдельно для 5 полок. В результате получают следующие UDF файлы: temperature_flow_1, mass_flow_rate_1, temperature_flow_5, mass_flow_rate_5. Далее в программе ANSYS Fluent 17.0. к полке 1 прикрепляются UDF файлы temperature_flow_1, mass_flow_rate_1, а к полке 5 temperature_flow_5, mass_flow_rate_5 и производится перерасчет газодинамики. В результате получаются скорректированные профили распределения давления в рабочей камере. На рис. 1 представлен алгоритм связи двух моделей.

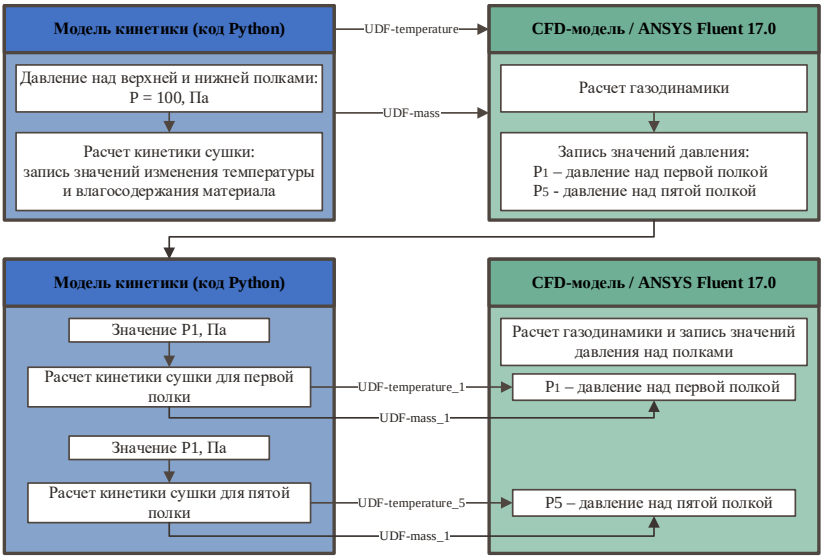


Рис. 1. Алгоритм связи двух моделей

Такой подход позволил получить модель с учетом неравномерного распределения водяных паров по объему рабочей камеры. Это также позволило прогнозировать давление над полками в рабочей камере и исследовать влияние градиентов давления на скорость процесса сушки материалов, находящихся на разном удалении от конденсора.

Математическая модель кинетики сублимационной сушки является одномерной, т.е. перенос тепла и влаги происходит только вдоль оси X, и строится на уравнениях тепло- и массопереноса. В структуру настоящей

математической модели входит описание первого и второго периодов сушки.

При составлении математического описания первого периода сушки, был принят ряд следующих допущений:

1. материал делится на 50 слоев, в каждом из которых рассчитывается изменение влагосодержания и температуры;
2. существует фронт сублимации – *Xp*, который делит образец на замороженную область (I) и высушенную область (II);
3. граница раздела (фронт сублимации) в процессе сушки равномерно двигается вниз, пока вся замороженная свободная влага не удалится из материала толщиной *L*;
4. на границе раздела фаз выполняется закон сохранения массы;
5. высушенная и замороженная области рассматриваются как гомогенные с точки зрения постоянства плотности, удельной теплоемкости и теплопроводности;
6. теплопередача к материалу осуществляется кондуктивно от полки снизу.

Далее будет представлено математическое описание первого периода сушки. Для замороженной области (I) уравнение теплопроводности (1) и граничное условие (2) выглядят следующим образом:

$$\frac{\partial T_I}{\partial t} = a_{eI}\frac{\partial^2 T_I}{\partial x^2} + \frac{Q_{vI}}{\rho_{eI} C_{peI}} \tag{1}$$

$$0 \le x \le X(t), t > 0 \tag{2}$$

где T – температура, К; t – время, с; a_{eI} – температуропроводность, м^2/с; x – декартова координата, м; Q_{vI} – объемная мощность источников теплоты, Вт/м^3; ρ_{eI} – плотность, кг/м^3; C_{peI} – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К).

Для высушенной области (II) уравнение теплопроводности (3) и граничное условие (4) представлены ниже:

$$\frac{\partial T_{II}}{\partial t} = a_{eII}\frac{\partial^2 T_{II}}{\partial x^2} - \frac{C_{pg}}{\rho_{buII} C_{peII}}\frac{\partial (N_w T_{II})}{\partial x} + \frac{Q_{vII}}{\rho_{buII} C_{peII}} \tag{3}$$

$$X(t) \le x \le L, t > 0 \tag{4}$$

где ρ_{buII} – насыпная плотность сухого материала, кг/м^3; N_w – поток водяного пара во II области, кг/(м^2·с).

Дифференциальные уравнения, описывающие массообмен для замороженной области (I) и высушенной области (II) представлены ниже и граничные условия представлены ниже:

$$\lambda_I \frac{\partial T\,I}{\partial x} = \left(W_p - W_{eq}\right)\rho_{buII}\,\Delta h_s \frac{\partial X\,I}{dt} \tag{5}$$

$$x = X_I, t > 0 \tag{6}$$

$$\lambda_{II} \frac{\partial T\,II}{\partial x} = -\left(W_p - W_{eq}\right)\rho_{buII}\,\Delta h_s \frac{\partial X\,II}{dt} \tag{7}$$

$$x = X_{II}, t > 0 \tag{8}$$

где λ – теплопроводность материала, Вт/(м · К); W_p – начальное влагосодержание, кг влажного/кг сухого материала; W_{eq} – критическое влагосодержание, кг влажного/кг сухого материала; Δh_s – энтальпия сублимации, Дж/кг.

Начальные условия для замороженной и высушенной областей материала приведены ниже:

$$T_I = T_{II}, 0 \le x \le L, t = 0 \tag{9}$$

$$W = W_p, 0 \le x \le L, t = 0 \tag{10}$$

где W – текущее влагосодержание, кг влажного/кг сухого материала.

Граничные условия для нижней (I) и верхней (II) частей материала представлены ниже:

$$T_0 = T_I, x = 0, t > 0 \tag{11}$$

$$T_{II} = T_L, x = L, t > 0 \tag{12}$$

где T_0 – температура нагревательной полки, К; T_L – температура поверхности материала, К.

В момент времени, когда текущее влагосодержание материала (W) становится равным равновесному влагосодержанию (W_{eq}) начинается второй период сушки. При составлении математического описания второго периода сушки были сделаны следующие допущения:

7. содержание влаги в материале в момент начала второго периода сушки равно равновесному влагосодержанию при средней температуре высушенного слоя в конце этапа сублимации ($W = W_{eq}$);

8. механизмом массопереноса является десорбция влаги.

Баланс влаги в высушенной области материала рассчитывался по формуле, приведенной ниже:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = K \cdot \left(W_{eq} - W\right) \tag{13}$$

$$W = W_{eq}, t = 0 \tag{14}$$

Для расчета кинетического коэффициента K использовалось уравнение:

$$K = \frac{D_{eff}}{d_z^2} \tag{15}$$

где D_{eff} – коэффициент эффективной диффузии, м^2/с; d_z – диаметр пор, м.

Решение дифференциальных уравнений осуществлялось с помощью метода Мак-Кормака.

2. CFD моделирование газодинамики для лабораторного и промышленного лиофилизаторов

Для решения задачи газодинамики, при моделировании потока водяного пара в лабораторной и промышленной установках, необходимо провести процедуру настройки модели. В данной работе использовалась многофазная модель Эйлера – делается допущение о том, что расчетная область внутри камеры сублиматора состоит из воздуха (фаза 1), представленного неабсолютным вакуумом, и водяного пара (фаза 2), который выделяется из материала по мере проведения процесса. Также для реализации теплопереноса включалось уравнение энергии.

При CFD-моделировании потока водяного пара в сублимационных установках и создании расчетных областей был принят ряд следующих допущений:

1. в начальный момент времени в объеме каждой камеры находится воздух, т.к. вакуум неабсолютный, а по мере проведения процесса в камеры из материалов выделяются водяные пары;
2. температура стенок сушильных камер является постоянной;
3. в рабочих камерах находится пять полок, которые распределяются следующим образом: верхняя полка – 5, нижняя полка – 1, однако в конструкции промышленного лиофилизатора присутствует 6 полка, обеспечивающая дополнительный нагрев, материала, находящегося на 5 полке.

Расчетная область и граничные условия, используемые для входа, выхода и стенок лабораторного лиофилизатора Coolsafe 100-9 представлены на рис. 2.

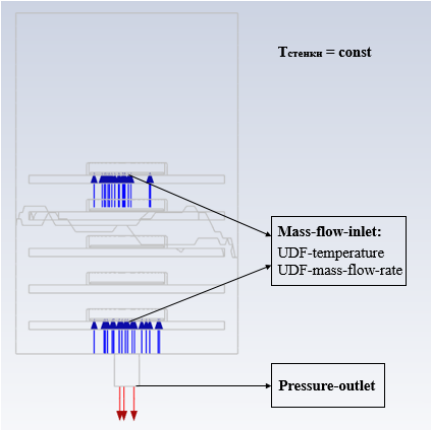


Рис. 2. Расчетная область и граничные условия для лиофилизатора Coolsafe 100-9

На рис. 3 представлены расчетная область и граничные условия для промышленного лиофилизатора LP30 (SCM2), используемые для входа и выхода.

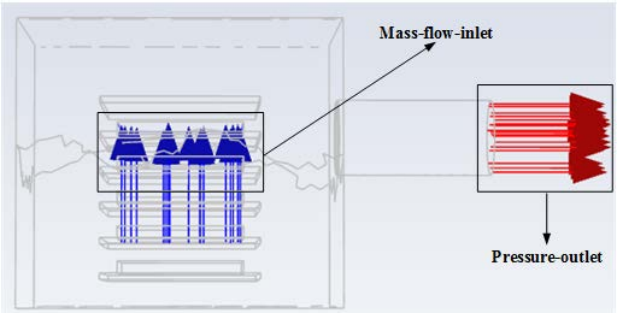


Рис. 3. Расчетная область и граничные условия для промышленного лиофилизатора LP30 (SCM2)

В программном пакете ANSYS Fluent 17.0 дифференциальные уравнения решаются с использованием метода конечных объемов, суть которого заключается в преобразовании дифференциальных уравнений в частных производных к форме алгебраических уравнений.

3. Результаты математического моделирования

Разработанная CFD-модель распределения водяных паров в объеме рабочих камер лабораторного и промышленного лиофилизаторов решалась совместно с описанной выше математической моделью кинетики сушки, посредством передачи значений массового потока испаряемой влаги и температуры материалов через файлы UDF в заданные интервалы времени – через каждые 1000 секунд.

При моделировании газодинамики в лабораторной установке Coolsafe 100-9 сначала рассчитывали кинетику сублимационной сушки для альгината натрия при начальной температуре 253 К и давлении 100 Па, как и в эксперименте.

На рис. 4 представлены результаты CFD-моделирования газодинамики в лабораторном лиофилизаторе Coolsafe 100-9, а также изменение влагосодержания альгината натрия в процессе сушки, рассчитанное по математической модели с учетом градиентов давлений, и полученное экспериментально для 1 полки.

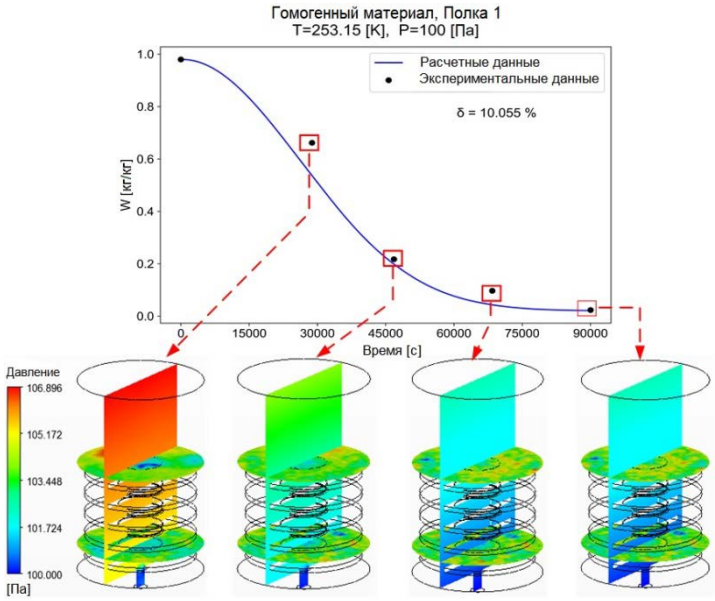


Рис. 4. Результаты моделирования газодинамики в лабораторном лиофилизаторе с учетом влияния градиентов давления

Относительная ошибка между прогнозируемым значением влагосодержания по математической модели и значением

влагосодержания, полученным в ходе эксперимента, составила δ =10,55%.

На основании сходимости результатов, полученных для лабораторной установки Coolsafe 100-9, авторами данной статьи было решено произвести масштабный переход к промышленной установке и спрогнозировать распределение скоростей водяных паров в лиофилизаторе LP30(SCM2), а также застойные зоны.

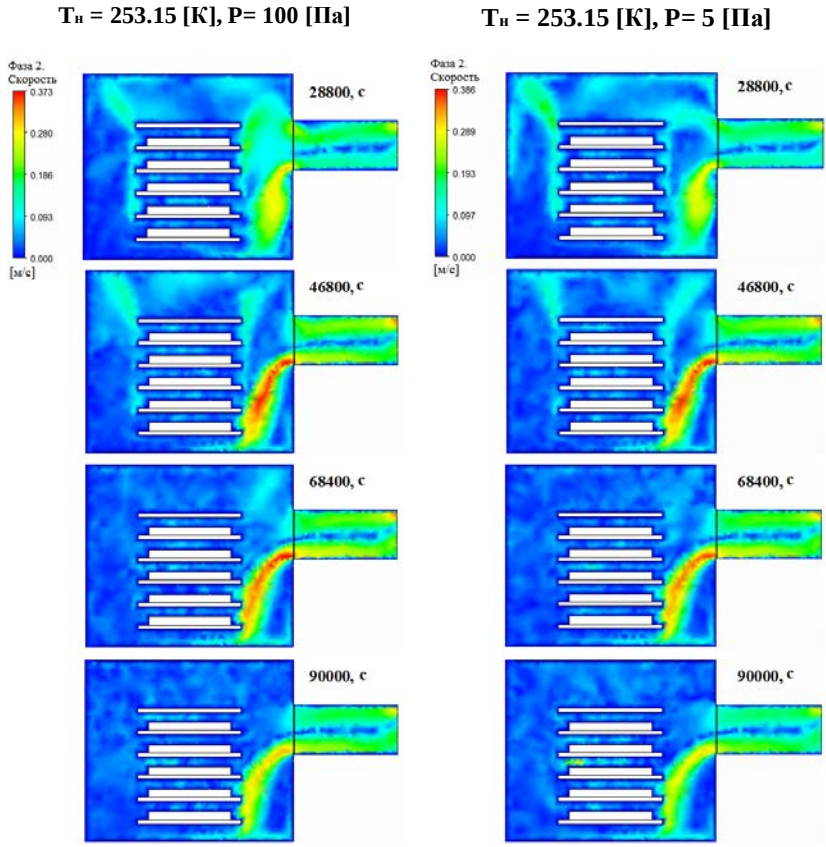


Рис. 5. Профили распределения скоростей потоков водяного пара в промышленном лиофилизаторе при различном давлении

При уменьшении давления в рабочей камере до 5 Па, скорость отвода водяных паров увеличивается. При этом количество застойных зон

в задней и верхней частях камеры уменьшается. Необходимо отметить, что сушка на верхних полках завершается быстрее. Это связано с тем, что верхние полки находятся в непосредственной близости к области конденсора, поэтому отвод паров максимален.

Заключение

В статье представлен метод объединения двух математических моделей, который позволил прогнозировать и исследовать влияние градиентов давления на скорость процесса сушки материалов, находящихся на разном расстоянии от конденсора как в лабораторном, так и в промышленном лиофилизаторах.

Совместное использование кинетической модели и модели, реализованной в ANSYS Fluent 17.0, позволило прогнозировать распределение водяных паров в рабочих камерах лабораторного (Coolsafe 100-9) и промышленного (LP30) лиофилизаторов. Это является важным практическим аспектом, т. к. разработанный подход позволяет сократить энергетические затраты и время сушки при реализации технологического процесса.

Список литературы

1. Моделирование вакуумной сублимационной сушки / А. А. Диденко // Программные продукты и системы. – 2011. – № 4. – С. 170-173.

2. Barresi, A. A. Computational Fluid Dynamics data for improving freeze-dryers design / A. A. Barresi // Data in Brief. – 2018. – vol. 19. – P. 1181-1213.

3. Freeze-drying simulation framework coupling product attributes and equipment capability: Toward accelerating process by equipment modifications / A. Ganguly [et al.] // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2013. – vol. 85. – P. 223-235.

4. Freeze-dryer equipment capability limit: Comparison of computational modeling with experiments at laboratory scale / G. Shivkumar [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2019 – vol. 180 – P. 2972-2981.

5. Barresi, A. A. Use of computational fluid dynamics for improving freeze-dryers design and process understanding. Part 1: Modelling the lyophilisation chamber / A. A. Barresi // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2018. – vol. 129. – P. 30-44.

Оценка потенциала системы связи авиационного формирования

Е. Ш. Мулькибаев,
Е. В. Головченко, E-mail: evvigo@mail.ru,
В. А. Безрядин, E-mail: bezryadin_vlad @yandex.ru,

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье предлагается подход к оценке потенциала системы связи авиационного формирования с точки зрения вышестоящей системы. Показано, что оценка системы связи, как обеспечивающей системы, должна производиться с учетом ее влияния на боевой потенциал авиационного формирования.*

Ключевые слова: *авиационное формирование, потенциал, система связи.*

Введение

Для военных конфликтов современности прописной и постоянно декларируемой истиной стали утверждения о том, что боевые возможности воинских формирований во все большей степени определяются не только характеристиками их вооружения, сколько возможностями комплексов управления и связи, а также средств осуществляющих информационное обеспечение всех этапов выполнения боевой задачи [1]. Это относится и к авиационным формированиям, которые представляют собой целенаправленную совокупность боевых (основных), обеспечивающих и управляющих систем (подразделений) различного предназначения, которые в разной степени оказывают влияние на результативность применения авиационного формирования. И если с уверенностью можно констатировать, что применение (функционирование) боевых (основных) подразделений будет оказывать прямое влияние на результативность применения авиационного формирования в целом и оценку данного влияния можно производить на основе различных известных методик [2-4], то задача оценки вклада управляющих и обеспечивающих систем (разведки, связи, радиотехнического обеспечения, радиоэлектронной борьбы и других) в конечный результат функционирования авиационного формирования является достаточно сложной для решения в прямой постановке.

Оценка потенциала системы связи авиационного формирования

Прирост эффективности функционирования авиационного формирования происходит до достижения определенных значений

показателей качества функционирования управляющей и обеспечивающих систем. То есть данные значения показателей являются требуемыми для рассматриваемых систем и дальнейший их рост не окажет влияния на эффективность применения авиационного формирования, но, в то же время, их снижение ниже требуемых значений будет иметь негативные последствия для его функционирования.

В связи с вышеизложенным целесообразно оценку эффективности функционирования управляющих и обеспечивающих систем производить не по положительному эффекту для авиационного формирования, а по отрицательному. Учитывая, что основным показателем возможностей авиационного формирования является боевой потенциал, то оценку возможностей системы связи необходимо производить по характеру ее отрицательного влияния именно на боевой потенциал. С учетом того, что прогнозируемые условия выполнения задач авиационным формированием носят стохастический характер, то и оценку возможности снижения боевого потенциала для заданной структуры системы связи следует осуществлять на основе методов теории риска. При этом в общем случае под риском будем понимать вероятность наступления негативного события приводящего к снижению боевого потенциала с учетом данного снижения.

Пусть модель системы связи авиационного формирования представляется следующим кортежем [5]:

$$\mathbf{S} = \langle \mathbf{\Lambda}, \mathbf{\Gamma}, \mathbf{U}, \mathbf{Sp}, \mathbf{R}, \mathbf{Tr}, \mathbf{T} \rangle, \qquad (1)$$

включающем в себя множества, характеризующие: $\mathbf{\Lambda}$ – нагрузку на систему связи (входной трафик потребный авиационному формированию); $\mathbf{\Gamma}$ – пропускную способность системы связи (цель функционирования); $\mathbf{U}$ – управляющие воздействия;

$\mathbf{Sp}$ – состояния системы связи; $\mathbf{R}$ – реакции системы связи (модель работы); $\mathbf{Tr}$ – функции перехода состояний; $\mathbf{T}$ – время.

При функционировании системы связи в условиях отсутствия каких-либо дестабилизирующих факторов ее состояние $Sp_0 \in \mathbf{Sp}$ и пропускная способность $\gamma_0 \in \mathbf{\Gamma}$ определяются только заложенными возможностями системы связи. В данном состоянии входной трафик $\lambda_0 \in \mathbf{\Lambda}$, характеризующий нагрузку на систему связи, будет отвечать потребностям авиационного формирования в информационном обмене с требуемым качеством.

Боевой потенциал авиационного формирования $БП_0$ в данных условиях и при фиксированном состоянии системы связи Sp_0 будет

определяться только возможностями боевых (основных) подразделений авиационного формирования.

В реальных условиях обстановки воздействие дестабилизирующих факторов различной природы будет изменять состояние системы связи до $Sp \in \mathbf{Sp}$, включая изменение пропускной способности $\gamma < \gamma_0$. Для поддержания требуемого качества информационного обмена отдельных услуг (видов) связи будут задействованы сетевые механизмы ограничения потребительского трафика λ. Это приведет к уменьшению общего количества и качества предоставляемых видов (услуг) связи, что несомненно отразится на качестве принимаемых решений и, в конечном итоге, приведет к снижению боевого потенциала авиационного формирования на величину:

$$\Delta БП = БП_0 - БП\,, \qquad (2)$$

где $БП$ – боевой потенциал авиационного формирования в реальных условиях обстановки.

Снижение боевого потенциала авиационного формирования является негативным событием и обуславливает потери, возникающие в результате воздействия дестабилизирующих факторов, сопровождающегося переходом системы связи в состояние Sp. Таким образом, можно утверждать, что снижение качества функционирования системы связи обусловливает снижение боевого потенциала авиационного формирования.

Реальные условия выполнения боевых задач авиационным формированием с учетом их стохастичности могут быть охарактеризованы определенным значением вероятности P. Тогда риск снижения боевого потенциала авиационного формирования R определим произведением:

$$R = \Delta БП \cdot P\,. \qquad (3)$$

Необходимо отметить, что модель системы связи (1) является обобщенной функциональной моделью и не включает структурные элементы системы связи. То есть переход из состояния Sp_0 в Sp не подразумевает структурных изменений системы связи. Поэтому при решении задачи построения (синтеза) системы связи следует ввести в рассмотрение структуру (облик) системы связи.

В [6] предложена математическая модель структуры системы связи, в обобщенной форме представляемая кортежем:

$$\mathbf{A} = \langle \mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \mathbf{A}_3, \mathbf{A}_4, \mathbf{A}_5, \mathbf{A}_6, \mathbf{A}_7 \rangle\,. \qquad (4)$$

включающем в себя множества в соответствии с уровнями эталонной модели взаимодействий открытых систем (ЭМВОС) [7].

Тогда с учетом (4) функциональную структуру системы связи $\mathbf{S}^F$, включающую множество функций решений $\mathbf{U}$, множество функций перехода состояний сети $\mathbf{Tr}$, множество функций реакций сети $\mathbf{R}$ (1):

$$\mathbf{S}^F = \langle \mathbf{U}, \mathbf{Tr}, \mathbf{R} \rangle \quad (5)$$

можно декомпозировать на отдельные структуры каждого уровня ЭМВОС:

$$\mathbf{S}^F = \mathbf{A}_1 \cup \mathbf{A}_2 \cup \mathbf{A}_3 \cup \mathbf{A}_4 \cup \mathbf{A}_5 \cup \mathbf{A}_6 \cup \mathbf{A}_7 = \langle \mathbf{U}, \mathbf{Tr}, \mathbf{R} \rangle. \quad (6)$$

Таким образом, задача построения структуры системы связи на каждом уровне ЭМВОС [6] вида:

$$\mathbf{S}_i^{F*} = \arg \min_{\mathbf{S}_i^F \subset \mathbf{S}_{i\,don}^F} C_i(\mathbf{S}_i^F), \quad (7)$$

где $i = 1 \ldots 7$ – номер уровня ЭМВОС; C – функция затрат (материальных, временных и др.) на создание, содержание и применение развертываемой структуры системы связи; $\mathbf{S}_{don}^F$ – множество допустимых вариантов функциональной структуры с требуемым качеством услуг (видов) связи, с учетом (3) может быть представлена как задача построения структуры системы связи, заключающаяся в определении множеств функций реакций $\mathbf{R}$, перехода состояний $\mathbf{Tr}$ и функций $\mathbf{U}$ системы связи на каждом ее уровне, обеспечивающих достижение целей функционирования, удовлетворяющих требованиям к качеству предоставляемых услуг и со значением риска снижения боевого потенциала авиационного формирования не выше допустимого:

$$R(S) \le R_{don}, \quad (8)$$

где R_{don} – допустимое значение риска снижения боевого потенциала авиационного формирования, которое не сказывается на результатах выполнения конкретной боевой задачи авиационным формированием, определяемое предпочтениями руководящего состава авиационного формирования. В таком случае предлагаемый показатель риска может быть использован как при построении (развертывании) системы связи, так и при ее управлении. В первом случае управляемым параметром является структура системы связи, во втором – ее состояние..

Заключение

Таким образом, предлагаемый подход к оценке возможностей системы связи авиационного формирования позволяет сделать это с точки зрения вышестоящей системы, которой является авиационное формирование. При этом внутрисистемные (по отношению к системе

связи) свойства являются ограничивающими и определяют качество предоставляемых услуг (видов) связи.

Основной сложностью данного подхода является определение зависимости между процессами и их результатом в системе связи, в основных (боевых) системах и в авиационном формировании в целом. Наиболее действенным решением в этом случае может быть анализ накопленных данных за какой-либо временной период функционирования авиационного формирования.

Список литературы

1. Сидорин А. Н. и др. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих зарубежных государств: Информационно-аналитический сборник. М.: Воениздат, 2001. – 248 с.

2. Цыгичко, В. Н. Метод боевых потенциалов история и настоящее / В. Н. Цыгичко, Ф. Стоили, // Военная мысль. – 1997. – № 4 (7-8). – С. 23-28.

3. Ананьев, А. В. Методический подход к расчету коэффициентов соизмеримости авиационных комплексов при планировании применения в составе межвидовой группировки войск (сил) / А. В. Ананьев, А. В. Лазорак // Вестник Академии военных наук. – 2021. – № 2. – С. 91-97.

4. Балахонцев, Н. В. Зарубежные методы оценки потенциала стран / Н. В. Балахонцев, А. А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 11 (764). – С. 110-104.

5. Головченко, Е.В. Обобщенная модель функционирования авиационной инфокоммуникационной сети / Е.В. Головченко, П.А. Федюнин, А.Д. Афанасьев // Вестник Воронежского института МВД России. – 2019. – № 2. – С. 49-56.

6. Головченко, Е.В. Многоуровневая модель структуры авиационной инфокоммуникационной сети / Е.В. Головченко, П.А. Федюнин, К.С. Баев // Вестник Воронежского института МВД России. – 2020. – № 1. – С. 143-155.

7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель. – М.: Госстандарт России, 1999. – 62 с.

Гидродинамическая модель транспортных потоков со случайными параметрами

В. С. Ножкин, E-mail: nozhkin-v@list.ru [1]
М. Е. Семёнов[1, 2], С. Н. Башлыков[1], А. В. Самсонов[1]

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе предложена гидродинамическая модель транспортных потоков со случайными параметрами на основе решения задачи Коши.*

Ключевые слова: *модель, транспортный поток, случайный процесс, характеристический функционал, математическое ожидание, дисперсионная функция.*

Введение

Одной из важных систем городского организма, которую уместно сравнить с кровоснабжением является транспорт. Он позволяет городу в полной мере выполнять связующею, коммуникационную и обеспечивающую функцию. Для управления дорожным движением на транспортной сети городов повсеместно используются системы управления, алгоритмы работы которых основаны на моделях транспортных потоков. Требования к точности и сложности таких моделей весьма велики. Кроме того, без транспортного моделирования невозможно планирование строительства новых и модернизация существующих транспортных объектов, объектов жилищного и делового строительства, схем организации дорожного движения, действий при чрезвычайных ситуациях, решения целого ряда других практических задач [1].

Исследование и прогнозирование транспортных потоков производится с помощью различных подходов: экономического, гидродинамического и математического моделирования.

Широкое признание и применение получил именно гидродинамический подход. Транспортный поток в макроскопических гидродинамических моделях уподобляется потоку «мотивированной» сжимаемой жидкости, а в микроскопических моделях потоку

© Ножкин В. С., Семенов М. Е., Башлыков С. Н., Самсонов А.В. 2022

несжимаемой жидкости и описывается законом сохранения количества (погонной плотности) автомобилей.

Моделирование транспортных потоков связано с определенными трудностями, обусловленными, в том числе следующими соображениями. Существующие модели, как правило, включают в себя уравнения, не учитывающие стохастический характер, возникающий на городской транспортной сети, с ее множеством перекрестков, светофоров, заторов и т.п. В связи с этим целью настоящей работы является построение модели, позволяющей учитывать стохастический характер транспортных потоков.

Постановка задачи

Одна из хорошо изученных и известных моделей транспортных потоков сводится к уравнению Хопфа с диффузионным слагаемым и имеет вид [1]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial \rho}{\partial x} = \varepsilon \frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2}, \qquad \varepsilon > 0, \tag{1}$$

где ρ – плотность транспортного потока; ε – чувствительность водителя по отношению к основным характеристикам транспортного потока (локальная скорость, плотность и т.д.).

При этом очевидным является, тот факт, что чувствительность у водителей на ту или иную ситуацию является случайной величиной, более того если рассматривать на всем этапе движения автотранспортного средства, то уместнее говорить о случайном процессе. В связи с этим предположением будем трактовать чувствительность глаза как случайный процесс.

С помощью замены (Форсайта–) Флорина–Хопфа–Коула [2, 3]

$$\rho = -\varepsilon \frac{\partial}{\partial x}\left(\ln w\right) = -2\varepsilon(t)\frac{w_x}{w}, \tag{2}$$

где w – величина пропорциональная плотности потока,
уравнение (1) сводится к задаче Коши вида:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \varepsilon(t)\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \tag{3}$$

с начальным условием

$$w(0,x) = \exp\left(-\frac{1}{2\varepsilon(t)}\int_0^x \rho(0,z)dz\right), \tag{4}$$

Решение задачи (3) и (4) относительно математического ожидания, позволит построить модель транспортных потоков и определить моментные функции. Решение данных задач и применяемый подход описан в работах [4-9]

Заключение

В настоящей статье предложена модель учета транспортных потоков, через чувствительность водителя к основным характеристикам потока. Данная статья является постановочной для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Гасников, А. В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков/ А. В. Гасников и др. Издание 2-е, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2013. – 427 с.
2. Гордин, В. А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики. – М.: Физматлит, 2010. – 356 с.
3. Уизем, Д. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 2013. – 238 с.
4. Zadorozhniy, V. G. Stochastic model of heat transfer in the atmospheric surface layer / V. G. Zadorozhniy, V. S. Nozhkin, M. E. Semenov, I.I. Ul'shin // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2020. – vol. 60. – P. 459–471. doi.org/10.1134/S0965542520030 173.
5. Zadorozhnii, V. G. A linear firet-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhnii // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.
6. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhnii // Differential Equations. 2018, Vol. 54, i. 6. P. 728-747.
7. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhnii // Computational mathematics and mathematical physics. 2013, Vol. 53, i. 4. P. 486-502.
8. Nozhkin, V. A stochastic model of the moisture motion in the atmosphere: two-dimensional case / V. Nozhkin, M. Semenov, I. Ulshin and O. Sokolova // IEEE Xplore. International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). – 2020. – P. 1–4. doi: 10.1109/ITNT49337.2020.9253297.
9. Nozhkin, V.S. A model of advective changes in air humidity: a stochastic approach / V.S. Nozhkin, V.G. Zadorozhniy, I.I. Ulshin and O.I. Kanishcheva // Int. J. Engineering systems modelling and simulation. – 2020. – Vol. 11. – No. 4. – P. 160–169. doi: 10.1504/IJESMS.2020.111273.

Особенности визуализации экспериментальных данных с помощью программы SciDAVis

И. А. Осипова, irinatmb741@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности компьютерного моделирования с применением программы SciDAVis для анализа физических явлений и процессов, визуализации экспериментальных данных и аппроксимации кривых.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, визуализации экспериментальных данных, аппроксимации кривых, программа SciDAVis.*

Введение

Часто при обработке результатов физического эксперимента требуется построить график. Для этого можно воспользоваться специально разработанной программой Origin (коммерческий пакет программ фирмы OriginLab Corporation для численного анализа данных и научной графики). Она обладает широким спектром возможностей, позволяющим анализировать, обрабатывать, визуализировать экспериментальные данные и производить аппроксимацию кривых. Однако для анализа результатов учебного эксперимента в ходе лабораторного практикума у студентов университета в условиях ограниченного количества часов или школьников на лабораторных работах и в ходе проектной деятельности имеет смысл воспользоваться более простым и дешевым аналогом Origin. Им может быть SciDAVis. Это один из самых удобных аналогов, который поддерживает большое количество аппроксимирующих функций, базовых статистик с графиками и визуализацией и многое другое. Так же можно использовать Excel, однако его назначение несколько иное.

1. Экспериментальное исследование закона Ньютона – Рихмана

Рассмотрим особенности обработки экспериментальных данных на примере исследования закона охлаждения Ньютона – Рихмана. Мощность тепловых потерь можно определить зная, что она пропорциональна разности температуры термометра и окружающей среды. Для простоты рассмотрения будем считать, что количество теплоты выделяется достаточно равномерно, тогда скорость остывания

© Осипова И. А., 2022

будет пропорциональна изменению температуры, а графиком зависимости скорости остывания от температуры будет прямая с угловым коэффициентом, пропорциональным коэффициенту теплообмена.

В ходе эксперимента нагреваем термометр до температуры выше температуры окружающей среды, а затем измеряем скорость его остывания естественным образом, фиксируя через небольшие равные промежутки времени температуру, которую он показывает. В результате получаем достаточно большое количество экспериментальных данных, обработка которых вручную займет много времени и сил. Важно не только рационально провести обработку результатов, но еще и на достаточно современном уровне. Поэтому использование возможностей программы SciDAVis позволяет достичь поставленных целей не только по изучению закона Ньютона – Рихмана, но и решить методическую задачу по обучению обработки экспериментальных данных современными методами посредством специальной доступной компьютерной программы.

В табл. 3 показаны экспериментальные данные, полученные школьниками 5-7 классов в ходе проведения эксперимента в рамках одного сорока пятиминутного занятия в Университете открытий при Тамбовском государственном техническом университете. За отведенное время ребята ознакомились с законом Ньютона – Рихмана, провели эксперимент по наблюдению процесса остывания заранее нагретого термометра, измеряя при этом время, требуемое для остывания на каждые 5°С. Затем они рассчитывали скорость остывания как отношения изменения температуры ко времени, в течение которого это остывание произошло.

Таблица 1

Экспериментальные данные

Температура	55	50	45	40	35	30
Скорость остывания	0,43	0,18	0,1	0,11	0,047	0,04

Для дальнейшей обработки экспериментальных данных необходимо построить график зависимости скорости остывания от температуры и убедиться, что он хорошо ложится на ожидаемую прямую. Если продлить эту прямую до пересечения с осью абсцисс, то точка пересечения этой прямой с осью покажет температуру окружающей среды, т. к. в этот момент времени наступает тепловое равновесие и остывание прекращается.

2. Обработка результатов эксперимента с помощью программы SciDAVis

Рассмотрим зависимость скорости остывания термометра от температуры. Построим график и проведем оценку полученного результата.

При открытии SciDAVis автоматически появляется таблица, которая содержит только две колонки. Можно добавлять необходимое число новых колонок.

На рис. 1 показана таблица с двумя заполненными экспериментальными данными колонками. В первой колонке расположены значения температуры, во второй скорость остывания, заранее посчитанная вручную. Можно добавить еще одну колонку, внести время остывания и рассчитать скорость остывания автоматически используя команду формула.

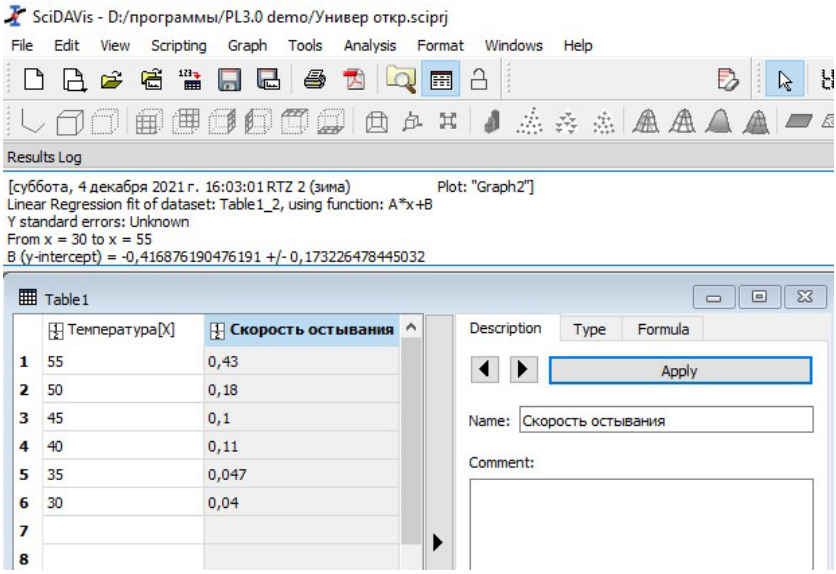


Рис. 1. Таблица с экспериментальными данными

На рис. 2 показан график зависимости для первого и второго столбцов. Можно изменять название осей, размер точек, их цвет, масштаб осей. Так как в данном эксперименте ожидаемая температура в помещении порядка 20-25 ^{0}C, то отсчет на горизонтальной оси начинается с 20 ^{0}C.

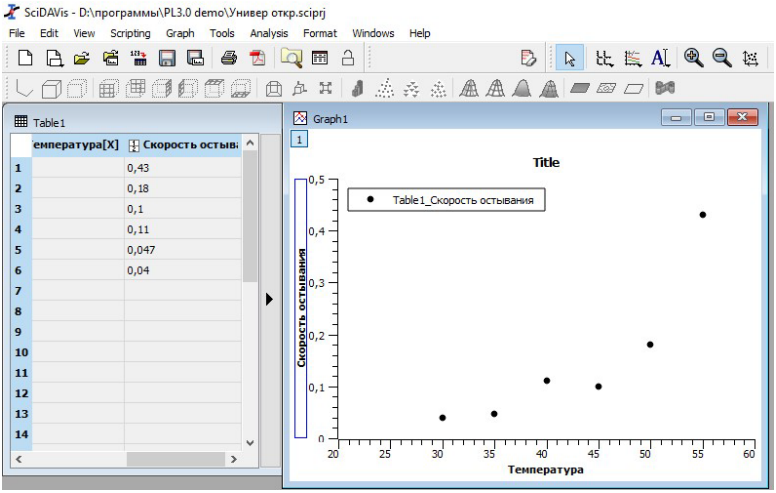


Рис. 2. Внешний вид графика

Используя встроенные в программу инструментами, аппроксимируем график разными способами.

На рис. 4 показан результат аппроксимации методом линейного приближения.

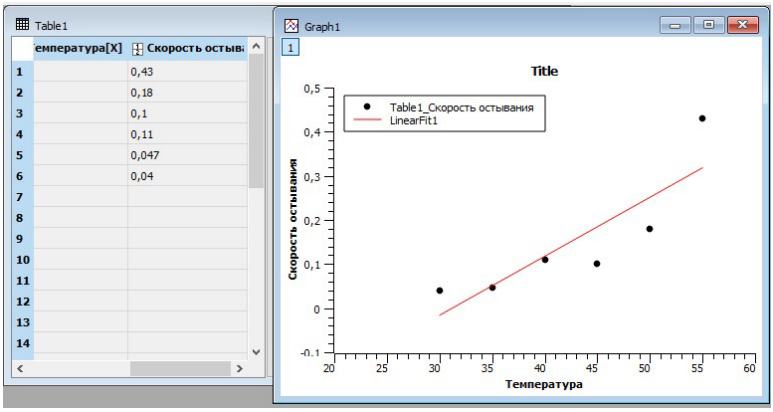


Рис. 3. Аппроксимация методом линейного приближения

На рис. 4 показан результат аппроксимации методом полиномного приближения. Программа так же позволяет получить математическую

зависимость для полинома. Из графика видно, что такая зависимость не подходит.

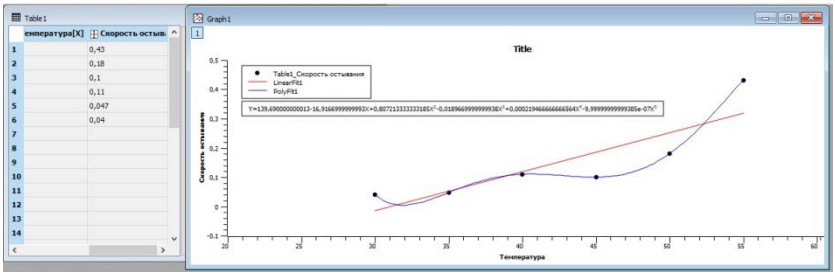


Рис. 4. Аппроксимация методом полиномного приближения

На рис. 5 график прямолинейной зависимости скорости остывания от времени продлен до пересечения с осью температуры. Учитывая, что точка пересечения – это температура окружающей среды, получим, что температура в помещении 19 ^{0}C.

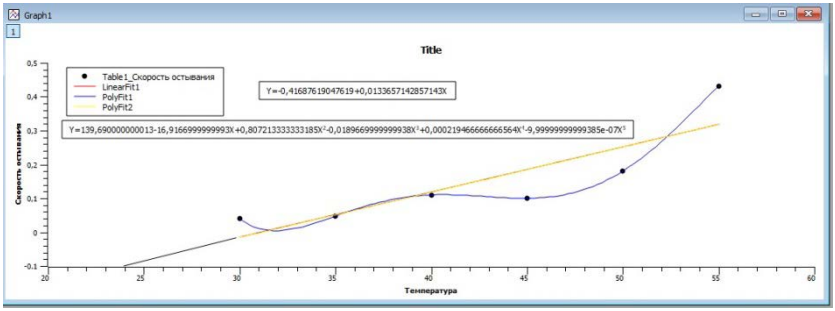


Рис. 5. Аппроксимация прямой

Заключение

Программа SciDAVis позволяет систематизировать и обработать результатов физического эксперимента, получить линейное и полиномное приближение, математические зависимости, описывающие кривые. Формулы, по которым проводятся расчеты в редакторе приводятся на рисунках и их можно использовать для проведения расчетов методом наименьших квадратов.

Список литературы

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика. // М.: Издательство «Наука», 1979. С.108-109.

2. Давидзон М.И. О законах охлаждения И. Ньютона и В. Рихмана // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. 2014. № 2. С. 64-74.

3. Осипова И.А. Организация профессионально направленной среды при подготовке будущих инженеров в условиях непрерывной системы образования «школа-вуз» Труды Естественнонаучного и гуманитарного факультета Тамбовского государственного технического университета: сборник научных и научно-методических статей. – Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2014. С. 241-250

4. Физика. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. М. Головин, О. С. Дмитриев, О. В. Исаева, И. А. Осипова, В. Б. Вязовов, В. М. Поликарпов, В. М. Холодилин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. 153 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

5. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. // Учебно-методическое пособие. – Астрахань, 2007.

Расчёт множественных дифракционных потерь при распространении ОВЧ-радиосигналов между городами Елец и Липецк на основе метода Эпштейна – Петерсона и МСЭ

И. В. Пешков, email: ilvpeshkov@gmail.com

Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина

Аннотация. *В статье обсуждается проблема трансляции радиоволн ультракоротковолнового (УКВ) диапазона с учётом возникновения препятствий на пути прямого распространения. Представлены результаты расчёта дифракционных потерь УКВ-радиосигналов на трассе распространения г. Елец – г. Липецк. За основу взят метод Эпштейна-Петерсона совместно с моделью одиночного клиновидного препятствия Международного союза электросвязи (МСЭ) для вычисления множественных дифракционных потерь на рассматриваемой трассе. Для исследования использовалось тринадцать изолированных клиновидных препятствий, расположенных в линии связи с длиной пути 70 км.*

Ключевые слова: *Дифракция, УКВ, Распространение радиоволн, Выражение Френеля – Кирхгофа, Метод Эпштейна-Петерсона*.

Введение

Целью данной работы является расчёт дополнительных потерь, которые возникают, если имеются несколько непрозрачных препятсвия на пути распространения радиосигнала. Данные дополнительные к потерям, возникающим вследствие затухания на трассе, появляются, т.к. нет прямой видимости между передатчиком и приёмников на большие расстояния, т. е. возникает такое явление как дифракция [1]. Кроме того, зачастую рельеф местности, вдоль которой распространяются наземные волны УКВ-диапзона, изобилует холмами различного профиля и высоты относительно передатчика или точки прёма. Поэтому для достижения цели необходимо решить несколько поставленных задач:

– Оценить рельеф между передатчиком и приёмником;

– Ознакомиться с рекомендациями МСЭ для оценки дифракционных потерь для одиночного клиновидного препятствия;

– Изучить имеющиеся алгоритмы оценки множественных дифракционных потерь;

– Вычислить дифракционные потери на трассе между городами Елец и Липецк.

© Пешков И. В., 2022

Таким образом, в данной работе на основе формул математической физики, а также численных методов осуществляется расчёт дифракционных потерь, вследствие наличия тринадцати непрозрачных препятсвий. Процедура вычисления заключается в последовательном расчёте потерь для каждого препятсвия на базе процедуры Эпштейна-Петерсона и рекомендаций Международного союза электросвязи. Препятсвия взяты на реальной трассе между городами Елец и Липецк для оценки полных потерь, включая затухание, с целью выработки решений по повышению надёжности и помехозищищённости УКВ-радиосвязи.

1. Методы исследования

На рис. 1 показан холм высотой h, расположенный между передающей и приемной антеннами. Этот холм можно смоделировать как полуплоскость или единичное клиновидное препятствие. Предполагается, что от вершины холма нет зеркального отражения. Также предполагается, что холм блокирует любые возможные отражения от земли, которые достигают приемной антенны. Таким образом, полученное поле состоит только из членов прямого пути и дифракционного пути. h_c – высота просвета от данного препятствия до прямого луча.

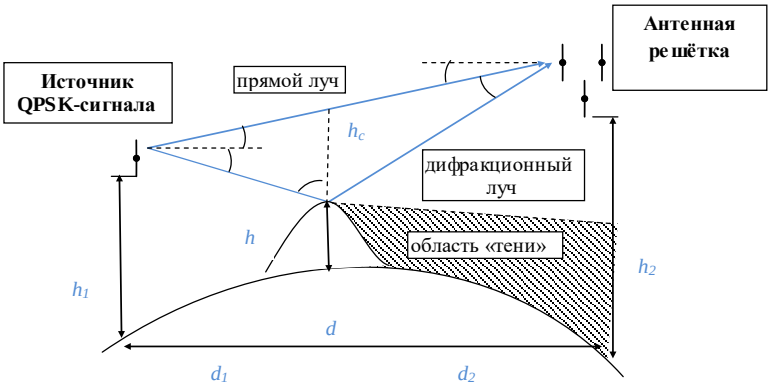


Рис. 1. Цифровая антенная решетка с использованием модели одиночного препятствия

Значение H_c для n-й точки профиля определяется по формуле [2]:

$$H_c \approx h_c \sqrt{\frac{2d}{\lambda d_1 d_2}} \qquad (1)$$

где

$$h_c = h_n + \left[\frac{d_{an}d_{nb}}{2r_e}\right] - \left[\frac{\left(h_a d_{nb} + h_b d_{an}\right)}{d_{ab}}\right] \qquad (2)$$

здесь h_a, h_b, h_n – вертикальные высоты, как показано на рис. 2, d_{an}, d_{nb}, d_{ab} – горизонтальные расстояния, как показано на рис. 2, r_e - эквивалентный радиус Земли; λ – длина волны.

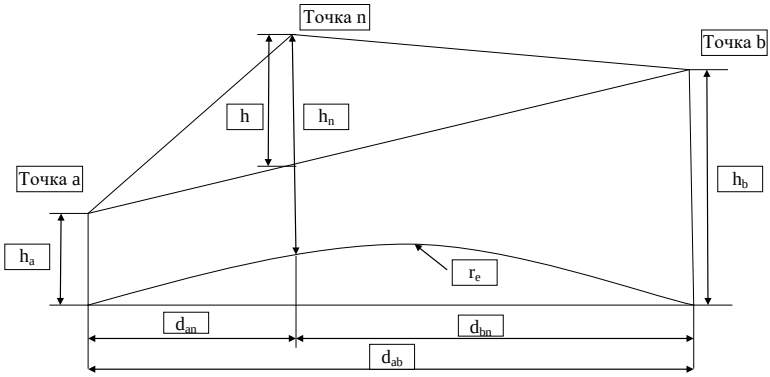
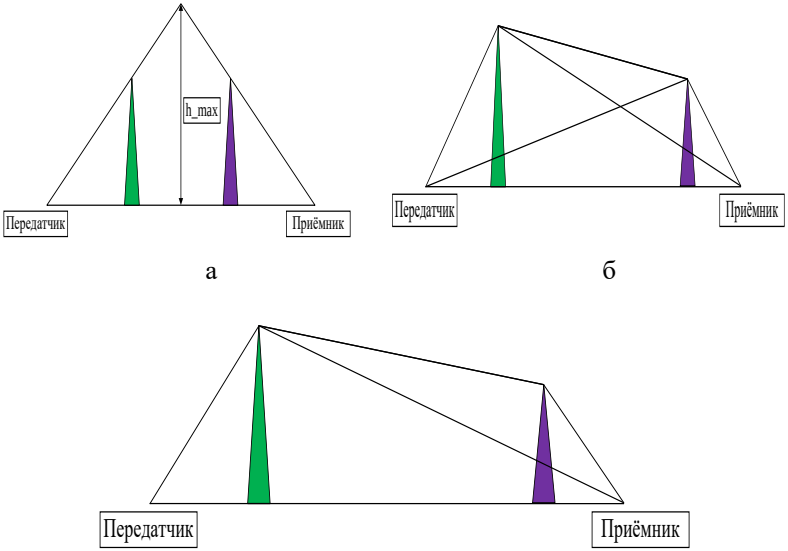


Рис. 2. Геометрия для единичной кромки препятствия

Можно показать, что коэффициент усиления/ослабления на трассе из-за дифракции определяется выражением Френеля – Кирхгофа:

$$F_d = \frac{2}{\sqrt{2}}\left|\int_{-Hc}^{\infty} \exp\left(-j\pi u^2/2\right)du\right| \qquad (3)$$

Обычно, когда сигнал распространяется от передатчика к приемнику, имеется на поверности Земли от нуля до нескольких препятствий. Каждое препятствие вызывает дифракцию. Самые известные модели – Буллингтон, Дейгоут и Эпштейн – Петерсон. Модель Буллингтона использует самый простой и наименее точный подход и сводит профиль к одному острию. Модель Эпштейна-Петерсона рассматривает каждое значительное клиновидное препятствие отдельно и суммирует каждую потерю на дифрагирующем пути. Модель Дейгута определяет доминирующую преграду и рассчитывает все потери относительно него [3-5].



а) Буллингтона, б) Эпштейна-Петерсона, в) Дейгута

Рис. 3. Модели расчёта дифракционных потерь

Таким образом, потери для каждого отдельного объекта преграды суммируются по очереди, используя высоту над пунктирной линией (рис. 2) как эффективную высоту края. Модель Эпштейна – Петерсона является потенциально лучшим методом, но вызывает большие ошибки на путях с близко расположенными кромками [6].

2. Результаты

Рассмотрим несколько препятствий, основываясь на географических данных реальной трассы распространения УКВ-радиосигнала. Возьмем за основу расположение источника QPSK-сигнала центр города Елец (52°37' с.ш. 38°28' в.д.). Приёмную антенную решётку расположим в центре города Липецк (52°37' с.ш. 39°36' в.д.). Для того что бы оценить дифракционные потери на данной трассе, необходимо знать рельеф по прямой линии между данными населенными пунктами. Схематическая диаграмма препятствий с тринадцатью кромками, использованных для числового примера в исследовании, показана на рис. 3.

Дифракционные потери согласно алгоритму Эпштейна-Петерсона составляют 82,4 дБ после последовательного вычисления по формулам (1-3) на трассе распространения УКВ-радиосигнала, частотой 300 МГц.

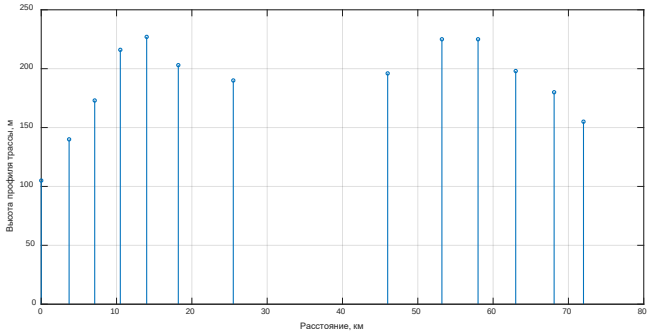


Рис. 4. Схема тринадцати препятствий

Заключение

В работе проведена оценка рельефа по прямой распространения радиосигнала между городами Елец и Липецк. Выявлены множественные препятсвия на данном пути.

Для оценки дифракционных потерь вследствие наличия тринадцати непрозрачных препятсвий использовались процедура Эпштейна – Петерсона, а также рекомендации Международного союза электросвязи для вычисления параметра Френеля – Кирхгофа одиночного клиновидного препятсвия. Устновлено, что на трассе длиной 70 км с тринадцатью препятсвиями дополнительно к затуханию возникают также потери величиной 82,4 дБ.

Список литературы

1. Боков, Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А.Е. Мандель. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 410 с.

2. Рекомендация МСЭ-R P.526-10. Распространение радиоволн за счет дифракции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.itu.int/rec/R-REC-P/en

3. Bullington, K. Radio propagation at frequencies above 30 megacycles / K. Bullington // Proceedings of the IRE. – 1947. – vol. 35. – no. 10. – P. 1122–1136.

4. Deygout, J. Multiple knife-edge diffraction of microwaves / J. Deygout // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 1966. – vol. 14, no. 4. – pp. 480-489.

5. Epstein, J. An experimental study of wave propagation at 850 MC / J. Epstein, D. W. Peterson // Proceedings of the IRE. – 1953. – vol. 41. – no. 5. – pp. 595–611.

6. Abdulrasool, A. S., Calculation Algorithm for Diffraction Losses of Multiple Obstacles Based on Epstein–Peterson Approach / A. S. Abdulrasool, J. S. Aziz, S. J. Abou-Loukh // International Journal of Antennas and Propagation. – 2017. – vol. 2017. – Article ID 3932487. – 9 p.

Оценка количества правильных конфигураций для количественных отношений.

Д. В. Подрезов email: dimuka0901@mail.ru
В. С Урубков email: urubkov.vs@mail.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
М. М. Фадеев email: fadeev_mix@bk.ru

Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В статье рассматривается возможность оценки количества возможных конфигураций для вида отношений равно-неравно с учетом числа множеств, участвующих в совокупных отношениях. Рассматривая практические задачи распознавания информационного содержания волн и используя отношения как основу структуризации, возникла необходимость оценки разнообразия таких отношений. Формализация понятия отношений вскрыла целый пласт представителей таких отношений, интерпретация и использование, которых еще впереди. Для данного вида отношений удалось получить оценку количества возможных комбинаций конфигураций поля отношений, зависящих от числа участвующих множеств. Всё это затрагивается в предлагаемом изложении.*

Ключевые слова: *Отношение, отношение равенства, качественный подход, количественный подход, поле отношений, правильные и неправильные матрицы отношений, предопределенность.*

Введение

Широко используемый термин «отношение», к сожалению, сводится лишь к дискретным функциям и некоторым образом связывается с теорией графов. Часть теории отношений исследует общие свойства отношений [1-3]. Если присмотреться внимательно, то отношения возникают там, где присутствует взаимозависимость и влияние одной совокупности отношений на другую сторону, для которой они предопределяют значение такого отношения, не опираясь на значение или характеристики множеств. С другой стороны, существуют совокупности отношений, для которых требуется обращение к значению множества, относительно которого и устанавливаются такие отношения. Именно эти стороны отношений дают возможность обобщить и формализовать понятие отношения в строгих математических рамках и посмотреть на

© Подрезов Д. В., Урубков В. С., Балакирев Н. Е., Фадеев М. М., 2022

них как на совокупную, полно связанную среду, которая рассматривается нами как поле отношений сообразно физическому полю. И обращаясь к аналогии поля в физике, можно сказать, что поле отношений, по факту, может предопределять правомочность наличия тех или иных элементов в конкретной конфигурации такого поля. Наблюдается эффект запрета определенных значений отношений между определенными множествами, которые не соответствуют правилам определения такого вида отношений. Такие отношения являются противоречивыми и являются не правильными, то есть, не соответствуют правилам сосуществования объектов или объективным законам. В минимальном своем проявлении совокупность двух определенных отношений предопределяет значение третьего отношения, но и не исключает совокупности других сочетаний отношений, отличных от предыдущих, при которых третье отношение может быть установлено только при обращении к элементам множеств.

1. Система отношений.

Отношения необходимо рассматривать в единой «инструментальной» системе, в которой имеются, по крайней мере, пара отношений, например, равенство и не равенство множеств, и они находятся во взаимоисключении к друг к другу. Фактически они составляют базу для распознавания картины, складывающейся между множеством объектов, и обеспечивают классификацию объектов на их основе. Общая картина таких отношений для некоторых отношений предопределена с учетом других определенных совокупных отношений.

Выделив характерный аспект отношения предопределять по совокупности уже определенных отношений отношение между другими объектами, не прибегая к рассмотрению самих объектов, необходимо понимать, что обратной стороной предопределения является отрицание такового. А это означает невозможность других отношений кроме предопределенного. И это не неопределенность, когда её можно в потенциале разрешить, а невозможность такого отношения в принципе. Таким образом, проглядывается система отношений, в которой наблюдаются, условно говоря, следующие состояния

- предопределённости
- неопределенности
- невозможности.

Невозможность очерчивает границу системы отношений извне, предопределяя ограничение количества состояний отношений при фиксированном значении числа рассматриваемых множеств объектов. Более того, как будет показано, наблюдается некоторая закономерность: число возможных конфигураций отношений относительно всех

потенциально возможных не связанных предопределенными отношениями комбинаций уменьшается, а число невозможных комбинаций растет. Если обратиться к бесконечности числа рассматриваемых отношений, то пространство возможных комбинаций «разрывается» на две части:

– сужающееся пространство возможных отношений
– расширяющееся пространство невозможных отношений.

Все отношения, которые складываются между объектами множеств, можно рассматривать как полно связанный граф, в котором ребра графа помечены значениями таких отношений

Но в отличие от графа, в котором присутствует свобода помечать ребра любыми значениями, что означает независимость ребер между собою, мы будем предполагать возможную взаимозависимость значений ребер относительно общей смежной вершины. Таким образом, если рассматривать отношения как полно связанный граф, на ребрах которого проставляются значения отношений из списка возможных, то существуют ребра, значения которых фиксированы за счет определенных значений других смежных ребер (отношений) относительно одной вершины.

Смежность рёбер графа в данном рассмотрении предполагает такие отношения между рёбрами, для которых существует общая вершина, объединяющая их.

Для обозначения отношений будем использовать общепринятый символ «R» с индексами или без них. При этом система отношений, которую будем обозначать символом «S», должна иметь определенный вид отношений, имеющий не менее двух значений отношений или просто отношений, относительно которых будет устанавливаться конфигурация таких отношений.

Например, вид отношений равенства-неравенства, где

$$R_2^m = \left\{R^1, R^2\right\} = \{=, \neq\} = \{1, 0\} \quad (1)$$

или вид отношений порядка, где

$$R_3^k = \left\{R^1, R^2, R^3\right\} = \{<, >, =\} = \{1, 2, 3\} \quad (2)$$

Нижний индекс означает количество различаемых отношений в конкретном виде.

Без потери общности, далее вместо термина «элемент множества» мы будем употреблять термин «объект множества», предполагая его включение в систему отношений, в которой он уже элемент этой системы, удовлетворяющей правилам установления определенного вида отношений.

$M = \{A,B,C...\}$ – множества разных объектов, где сами объекты обозначаются как $a_i \in A, b_i \in B, c_i \in C...$

Тогда в выражении $\left(a_i R_u^m b_i\right)$, нас будет интересовать R_u^m т.е.

$$a_i \,?\, b_i \to R_u^m \tag{3}$$

И так если у нас множество объектов, рассматриваемое как система относительно определённого вида отношений, то нас будет интересовать та конфигурация отношений, которая складывается между объектами

$$M = \left\{a_i \,?\, b_j, b_j \,?\, c_k ...\right\} \to S = \left\{R_u^m, R_u^k ...\right\} \tag{4}$$

Совокупность $\{M,S\}$ мы будем кратко записывать как $G^p = \{M,S\}$, верхнее «р» будет означать как полносвязанность, так и подчинение набору правил предопределения значений.

И так рассматривая пару объектов относительно определенного вида отношений, мы можем установить значения отношений, исходя из логики содержания такого отношения. При этом такое установление значения не предполагает непосредственных количественных манипуляций, а является качественной стороной установления отношения. Объективность или в нашей терминологии правильность такого отношения определяется объективностью практики распознавания и познания окружающего мира, закрепленной в конкретных терминах отношений и носящих качественный характер оценки совокупной конфигурации рассматриваемых предметов. Отношениями мы вводим систему упорядочивания окружающего мира, не прибегая к количественной мере. Но наряду с этим в такой оценке присутствует взаимозависимость уже множества отношений, которая также является частью содержания конкретного вида отношения. Такое интуитивно воспринимаемое содержание можно выразить, как мы предлагаем, в виде правил.

Набор правил предполагает наличие хотя бы одного варианта смежных значений отношений, которые предопределяют значение отношения для объектов, находящихся на несмежных вершинах таких ребер, но не являющихся общими.

Обозначим знаком $\underset{=}{def}$ термин «предопределяет». Тогда выражение

$$A \underset{=}{def} B \tag{5}$$

означает, что значение А в левой части предопределяет значение, которое равно В. Тогда правило Р

$$P \Rightarrow \left\{ \left(R^i, \& ... \& R^j \right) \underset{=}{\overset{def}{}} R^k \right\} \tag{6}$$

– это предопределенное и однозначное значение R^k с учетом определенной совокупности $\left(R^i, \& ... \& R^j \right)$.

Таким образом, мы имеем систему $S = \left\{ G^p, P \right\}$, состоящую из множества конфигураций, которые будем обозначать маленькими буквами $s_1, s_2, ... s_m$ при фиксированном количестве объектов и определенном наборе правил, которым подчиняется рассматриваемый вид отношения.

Указанные конфигурации можно представить в виде матрицы отношений, в которой в клетках матрицы будет указываться значение отношения, установленного между конкретными рассматриваемыми объектами.

$M_1, ... M_n$ – правильные матрицы,

$N_1, ... N_n$ – противоречивые матрицы.

Далее нас будет интересовать какое количество конфигураций s_m допустимо с учетом количества рассматриваемых объектов и для вполне конкретных отношений равно не равно $\{=, \neq\}$.

2. Краткое определение формальной системы отношений равенства-неравенства $G^p = \{O, R, P\}$

Определим систему $G_2^p = \{O, R, P\}$, как совокупность объектов О, списка отношений R, аксиом и правил формирования значений отношений следующим образом Р:

– Объекты $O = \left\{ a_i \in A, b_j \in B, c_k \in C ... \right\}$

– Список отношений $R_2^m = \left\{ R^1, R^2 \right\} = \{=, \neq\} = \{1, 0\}$

– Аксиомы и правила P

1. Первичные аксиомы

Аксиома 1.

$$R^1 = 0, \text{ если } a_i = b_j \tag{7}$$

Аксиома 2.

$$R^2 = 1, \text{ если } a_i \neq b_j \tag{8}$$

Аксиома 3.

$$\forall a_i \forall b_j \exists R^m \left[\left(a_i R^m b_j \right) \& \left\{ \left(a_i R^m b_j \right) \Rightarrow истина \right\} \right] \tag{9}$$

2. Основополагающие правила для S системы

Правило 1

$$\forall a_i \forall b_j \forall c_k \exists R^m \exists R^n \left[\left(a_i R^m b_j \right) \& \left(b_j R^n c_k \right) \& \left(R^m = R^n = 1 \right) \Rightarrow \left(\left(R^m, R^n \right) \underset{=}{\overset{def}{}} R^p = 1 \right) \& \left(a_i R^p c_k \right) \right] \tag{10}$$

Правило 2

$$\forall a_i \forall b_j \forall c_k \exists R^m \exists R^n \left[\left(a_i R^m b_j \right) \& \left(b_j R^n c_k \right) \& \left(R^m \neq R^n \right) \Rightarrow \left(\left(R^m, R^n \right) \underset{=}{\overset{def}{}} R^p = 0 \right) \& \left(a_i R^p c_k \right) \right] \tag{11}$$

Правило 3

$$\forall a_i \forall b_j \forall c_k \exists R^m \exists R^n \left[\left(a_i R^m b_j \right) \& \left(b_j R^n c_k \right) \& \left(R^m = R^n = 0 \right) \Rightarrow \left(a_i R^p c_k \right) \& \left\{ \left(R^p = 0 \right) \vee \left(R^p = 1 \right) \right\} \right] \tag{12}$$

Отсюда система $G^p = \{O, R, P\}$ может отображать множество О в множество конфигураций S на основе аксиом и правил Р

$$O = \left\{ a_i \, ? \, b_j, b_j \, ? \, c_k \ldots \right\} \rightarrow S = \left\{ R_u^m, R_u^k \ldots \right\} \tag{13}$$

Тогда для этой системы $O = \left\{ a_i \, ? \, b_j, b_j \, ? \, c_k \ldots \right\} \rightarrow S = \left\{ R_2^m, R_2^1 \ldots \right\}$ максимально число возможных конфигураций будет равно $|S| = \{ s_1, s_2, \ldots s_k \} = N_n^2$ определяемая по полученной итерационной формуле, где *n* число объектов, для которых определяются отношения.

3. Дерево матриц отношений равенства-неравенства.

Общий алгоритм составления матриц отношений заключается в последовательном добавлении новых множеств к уже составленным матрицам отношений.

В самом начале рассмотрению подлежат простейший вариант отношений для двух множеств *A* и *B*. Как показано на рис. 1, существует лишь 2 возможные матрицы отношений, являющиеся правильными.

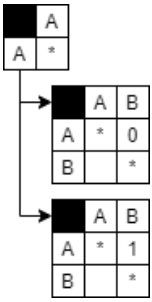


Рис. 1. Матрицы отношений множеств A и B

При добавлении нового множества C рассматриваются оба варианта отношений A и B отдельно друг от друга. На рис. 2 продемонстрированы все варианты отношений в обоих случаях.

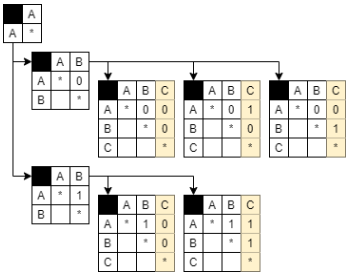


Рис. 2. Матрицы отношений множеств A, B и C

Далее последовательно добавляются новые множества в систему отношений и путём перебора всех правильных вариантов матриц строится дерево матриц отношений. Пример такого дерева для 5 множеств изображён на рис. 3.

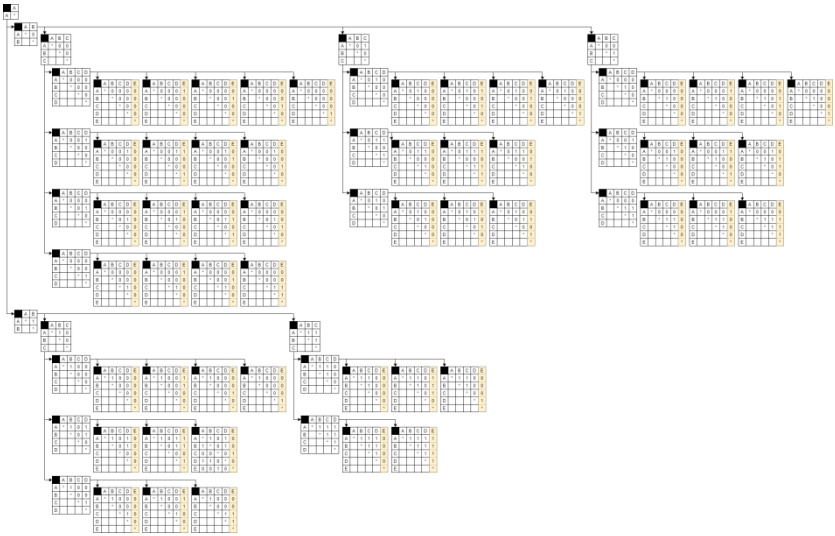


Рис. 3. Матрицы отношений множеств A, B, C, D и E

4. Выделение составных частей выражений для подсчёта количества правильных конфигураций матриц отношений равенства-неравенства.

Вернёмся к рассмотрению отношения двух множеств: *A* и *B*. Для них, как было указано ранее, существует только 2 правильных варианта матрицы. Выражение в этом случае состоит лишь из одного числа:

$$2 \tag{14}$$

С добавлением множества C число правильных матриц возрастает до 5. Из рис. 2 можно заметить, что дерево правильных матриц делится на 2 ветки, в одной из которых описаны 3 варианта правильных матриц, а в другой 2. Запишем это в выражение:

$$5=3+2 \tag{15}$$

Составляя выражения для последующих вариантов дерева матриц отношений отбираются только «листья» рассматриваемого дерева и группируются по «ветвям». Например, как следует из рис. 3, для 5-ти множеств общее число правильных матриц 52 раскладывается в выражение:

$$52=5+4*3+(4+3*2)*2+4+3*2+3+2 \tag{16}$$

При добавлении нового множества в связку отношений других каждый член из предыдущего выражения в новом преобразуется согласно формуле $a \to (a+1)+a*b$, где $b=a-1$ и является множителем члена

выражения, который сохраняется в каждом следующем выражении без изменений.

Следуя этому утверждению и выражению 16, построим выражение, которое должно получиться при добавлении шестого множества в отношение пяти:

$$203 = 6 + 5*4 + (5 + 4*3)*3 + (5 + 4*3 + (4 + 3*2)*2)*2 + 5 + \\ +4*3 + (4 + 3*2)*2 + 4 + 3*2 + 3 + 2 \quad (17)$$

Число 203 совпадает с числом правильных матриц, полученных перебором всех вариантов и выделения среди них правильных.

5. Оценка количества правильных конфигураций матриц конфигураций отношений равенства-неравенства

В итоге мы получаем итерационную формулу следующего вида для подсчёта количества правильных конфигураций, которую обозначим как N_n^2:

$$a_m^n = a_{m-1}^{n-1} + m * a_m^{n-1} \quad (18)$$

$$N_n^2 = a_1^n + a_2^n + \ldots + a_n^n \quad (19)$$

a_m^n – это элемент в n строке и m столбце. Нумерация столбцов идет слева направо. Ниже на рис. 4 приведена таблица таких коэффициентов и получены численные значения N_n^2 для n = от 1 до 11. В последнем столбце приведена величина возможных комбинаций, если бы отношения не были взаимосвязаны и не подчинялись введенным формальным правилам. Если сравнить число правильных и неправильных матриц, то из таблицы очевидно, что число правильных матриц растет медленнее, чем число неправильных матриц и это может наводить на достаточно глубокие философские мысли.

m/n	$\{m\}_1$	$\{m\}_2$	$\{m\}_3$	$\{m\}_4$	$\{m\}_5$	$\{m\}_6$	$\{m\}_7$	$\{m\}_8$	$\{m\}_9$	$\{m\}_{10}$	$\{m\}_{11}$	N^2_n	$2^{n(n+1)/2}$
1	0											0	2^0
2	1	1										2	2^1
3	1	3	1									5	2^3
4	1	7	6	1								15	2^6
5	1	15	25	10	1							52	2^{10}
6	1	31	90	65	15	1						203	2^{15}
7	1	63	301	350	140	21	1					877	2^{21}
8	1	127	966	1701	1050	266	28	1				4140	2^{28}
9	1	255	3025	7770	6951	2646	462	36	1			21147	2^{36}
10	1	511	9330	34105	42525	22827	5880	750	45	1		115975	2^{45}
11	1	1023	28501	145750	246730	179487	63987	11880	1155	55	1	678570	2^{55}

Рис. 4. Коэффициенты суммируемой последовательности для отношений = ≠.

Заключение

К главному итогу к вышесказанному следует отнести формулировку алгоритма, который позволил определить итерационную формулу получения количества правильных конфигураций для формализованного понятия системы отношений «равно-неравно», определенной на аксиоматической основе. Нами уже установлено, что под подобное формализованное определение подпадает множество видов отношений, и, соответственно, можно и нужно получить подобные оценки для других известных видов отношений. Особенно это актуально для системы установления порядка (<, >, =) так как она используется для структуризации амплитуд звукового потока [5]. Оценка количества конфигураций дает возможность определить набор правильных фигур, которые определяют отношения между так называемыми характерными точками при заданном их количестве. Фактически это основа языка описания более обобщенного, но в то же время более конкретного для различных волн без относительно их количественных характеристик на так называемой качественной основе [4,5]. Использование качественного подхода на основе отношений дает возможность решить множество задач как в технической, так и в гуманитарной сфере.

Список литературы

1. Бирюков Б.В. Логика отношений // Новая философская энциклопедия. Том 2.М., 2001. С. 420-421;

2. Шрейдер Ю.А., Бирюков Б.В. Категория отношения и ее когнитивные аспекты. // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. №3, 2002 С.98

3. Шрейдер Ю.А. Равенство, сходство, порядок. – М., Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1971, 256 с

4. Балакирев Н.Е. Количественная и качественная оценка исследуемых объектов на примере простейших отношений. Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии, 2016. – №2. – С. 70-77

5. Балакирев Н.Е., Нгуен Хоанг Зуй, М.А. Малков Фадеев М.М. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи Программные продукты и системы / Программные продукты и системы. 2018. – № 4 (31). – С. 768-776

Моделирование работы измерителя дальности видимости

В. В. Попов, email: copybook05@yandex.ru [1]
В. А. Повхлеб [1]
А. А. Уткин [2]
[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] ООО «ЛОМО МЕТЕО»

Аннотация. *В статье рассматривается процесс моделирования работы измерителя дальности видимости в сложных атмосферных условиях. Предложены усовершенствованные алгоритмы применения математической модели стабилизации излучения и динамического изменения измерительной базы.*

Ключевые слова: *Дальность видимости, трансмиссометр, нефелометр, погрешность измерений, конструктивные решения, модельные исследования.*

Введение

Измерители метеорологической дальности видимости (МДВ) по принципу измерений делятся на трансмиссометры и нефелометры. При этом нефелометры также являются датчиками текущей погоды (определяют вид определенных явлений погоды) [1].

Наибольшее распространение в России получили измерители ФИ-3 и LT-31. Измерители ИМДВ-01 (фактически измеритель СФ-1, сертифицированный российским производителем) поставлялись непродолжительное время на гражданские авиационные метеорологические станции Росгидромета и в настоящее время не имеют действующего свидетельства об утверждении типа средства измерения (СИ). Информация об опыте их эксплуатации недоступна, однако можно предположить, что из-за упрощенной конструкции стоек и кожухов, а также отсутствия обдува защитного стекла, измеритель требует регулярной калибровки.

Нефелометры в сравнении с трансмиссометрами имеют простую и недорогую конструкцию, менее требовательны к месту установки и обслуживанию и, как правило, имеют меньшую стоимость. Однако, с точки зрения алгоритмов обработки измерений, нефелометры значительно сложнее трансмиссометров. Кроме того, нефелометры нечувствительны к частицам атмосферы определенного размера, а также к частицам, хорошо поглощающим свет [2].

© Попов В. В., Повхлеб В. А., Уткин А. А., 2022

С другой стороны, нефелометры – это отличный инструмент для проведения автокалибровки трансмиссометров при хорошей видимости, что, несомненно, повышает качество измерений и облегчает их эксплуатацию.

Для корректной интерпретации интенсивности рассеивания светового потока в МДВ необходимы: большой исследовательский опыт применения нефелометров в различных условиях эксплуатации, применение дополнительных датчиков, позволяющих определять состав исследуемого аэрозоля, температуру и уровень освещенности. Одним из лидеров рынка в части опыта установки и эксплуатации нефелометров является компания Vaisala. На основе анализа состава датчиков и вариантов поставки, можно уверенно говорить о необходимости комплексного подхода к измерениям МДВ посредством нефелометров, и снабжать устанавливаемые датчики вспомогательными измерительными системами, такими как: датчики осадков и яркости фона. Кроме того, стоит отметить, что в разных моделях нефелометра по-разному взаимно расположены приемник и излучатель, в частности их наклон к линии горизонта и расстояние между ними [3].

Также к проблемам нефелометров можно отнести непрозрачность их метрологического обеспечения, поэтому отнесение разрабатываемого нефелометра к категории «индикаторов» (измерителей с ненормированными метрологическими характеристиками) обосновано, и в тоже время разработка данного прибора важна для дальнейшего его развития и совершенствования [4].

Принцип действия разрабатываемого измерителя видимости ФИ-5 основан на измерении степени ослабления интенсивности световых импульсов после их прохождения через слой атмосферы, ограниченный длиной измерительной базы. Особенностью ФИ-3 и ФИ-5 является то, что конструктивно обе базовые линии (короткая и удвоенная) пространственно совмещены благодаря дополнительному фотоприемному устройству (ФПУ), встроенному в блок отражательный (БО), что позволяет производить измерения в широком диапазоне МДВ.

Разработка ФИ-5 производится в соответствии с предложениями, изложенными в эскизном проекте, направленными на повышение эксплуатационных и метрологических характеристик измерителя:

1. улучшение приспособленности измерителя к эксплуатации вне защитных сооружений;

2. обновление и унификация элементной базы, технических и технологических решений, повышение уровня межпроектой унификации с выпускаемыми комплексами;

3. повышение временной стабильности, в части периодичности перекалибровки измерителя при хорошей видимости;

4. обеспечение возможности настройки длины измерительной базы вне предприятия-изготовителя).

1. Конструктивные решения

В соответствии с результатами моделирования предлагаются следующие конструктивное исполнение и конструкторские решения:

– конструкция стоек крепления блоков фотометрического (БФ) и отражательного (БО) разрабатывается таким образом, чтобы настроенная на месте эксплуатации оптическая система оставалась в рамках расчетных допустимых пределов при воздействии ветровой и снеговой нагрузки, а также при изменении температуры воздуха в широком диапазоне;

– конструкция корпусов БО и БФ, в том числе защитные бленды разрабатываются таким образом, чтобы минимизировать загрязнение защитных стекол активными (принудительный обдув) и пассивными методами (установка дефлекторов, отклоняющих ветровой поток). Проект конструкции бленды с устройством обдува защитного стекла приведен на рис. 1.

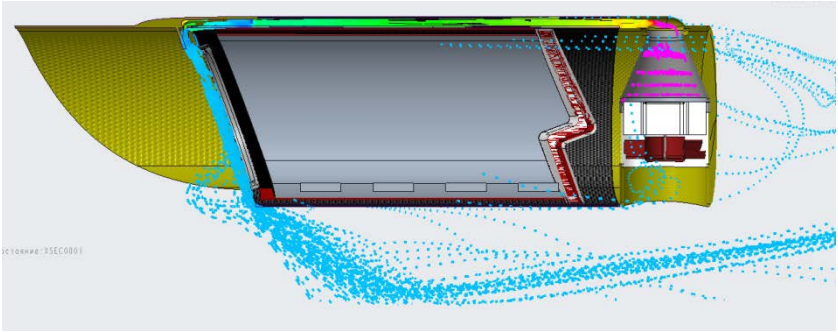


Рис. 1. Проект конструкции бленды и устройства обдува защитного стекла

Результаты моделирования показывают, что данное решение эффективно защищает от попадания снега и капель дождя и снега при ветре 30 м/с. Кроме того, прорабатывается возможность обеспечения питания измерителя датчика фона и защиты его линий связи через БП ФИ-5 (таким образом, при совместном их размещении упростится монтаж и сократится количество составных частей).

2. Структурная схема измерителя

Для повышения временной стабильности, обновления и унификации элементной базы электронные схемы измерителя будут полностью переработаны, в соответствии со структурной схемой ФИ-5 (рис. 2).

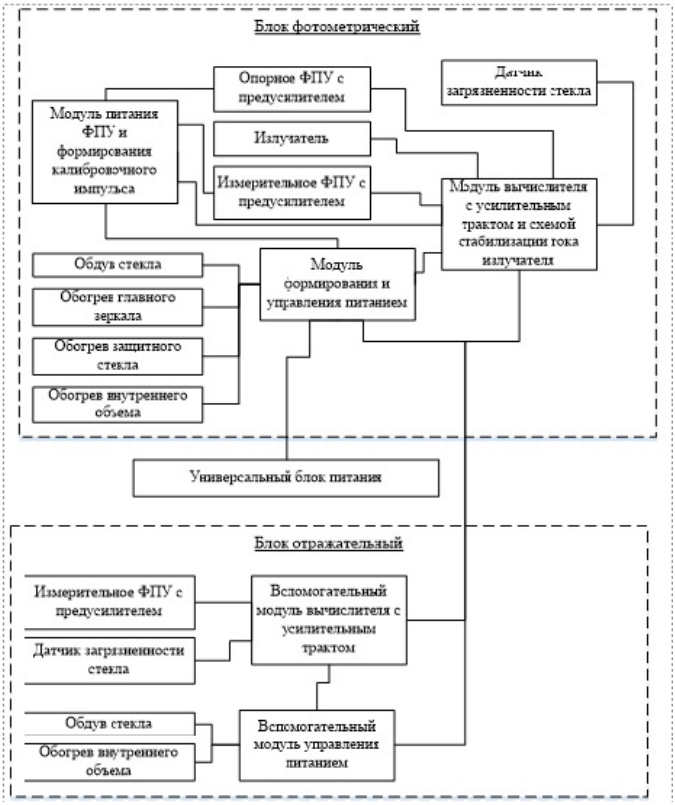


Рис. 2. Структурная схема ФИ-5

Необходимость термостабилизации внутренних объемов обусловлена рабочим диапазоном температур основных электронных компонентов – ФПУ и светодиода высокой яркости. Управление контурами обогрева осуществляется модулем вычислителя (контроллером), обратная связь обеспечивается установкой термодатчиков в контролируемых зонах, соответствующих конкретному

контору обогрева. Обдув защитного стекла используется при плохой видимости и также контролируется модулем вычислителя.

Важнейшим элементом измерителя является светодиод белого свечения, стабильность излучения которого достигается модуляцией питающего напряжения в пределах формируемого видимого глазом импульса света, с обратной связью по потребляемому току. Контролируя с большой скоростью ток потребления светодиода и осуществляя автоподстройку частоты модуляции его питающего напряжения контроллер может удерживать такой режим работы светодиода, при котором его яркость и спектральная характеристика изменяются незначительно.

Начало работы светодиода, а именно момент его выход на рабочий режим будет являться триггером для начала параллельных аналого-цифровых преобразований и интегрирования сигналов, получаемых с опорного и измерительного устройств. Данный подход будет впервые применен в ФИ-5, реализация которого стала возможной в том числе за счет внедрения унифицированного с измерителем высоты облаков высокопроизводительного процессора на базе ядра Cortex-M4.

Помимо стабилизации излучения, существенного улучшения временной стабильности измерителя предполагается достигнуть за счет внедрения в схему питания опорного светодиода, управляемого контроллером и предназначенного для взаимокалибровки устройств.

Для контроля степени загрязнения стекол БФ и БО на внутренней стороне стекол будут установлены датчики контроля загрязнения стекла, принцип действия которых будет заключаться в измерении прозрачности по переотражению света вдоль стекла (чем загрязненнее вешняя поверхность стекла, тем больше света поступает от излучателя в приемник). При превышении порогового уровня загрязнения стекла оператору будет сигнализируется необходимость очистки стекла.

3. Реализация алгоритмов расчета длины измерительной базы

Измеритель должен обеспечивать измерение МДВ (S) в диапазоне от 30 до 10 000 м с относительной погрешностью:

$\pm$ 5% при $30 \leq S \leq 1500$ м;

$\pm$ 10% при $1500 < S \leq 3000$ м;

$\pm$ 20% при $3000 < S \leq 10\,000$ м,

При этом выбор длины измерительной базы не оговорен (предоставлен разработчику). В рамках эскизного проекта было сформулировано предложение о включении в функционал измерителя возможности динамического изменении измерительной базы в зависимости от места эксплуатации. Для реализации данных требований выполнены модельные расчеты, направленные на определение

оптимального значения измерительной базы с точки зрения погрешности измерений и допустимых границ ее изменения.

По своему принципу действия измеритель ФИ-5 – это трансмиссометр, важнейшим преимуществом которого является математическая простота и полная прозрачность метрологического обеспечения.

Основополагающим физическим законом, предопределяющим принцип работы трансмиссометров является закон Бугера-Ламберта

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l}, \quad (1)$$

где: l – толщина слоя вещества; $I(l)$ – интенсивность света, прошедшая слой толщиной l; I_0 – интенсивность света на входе в вещество; k_λ – показатель поглощения вещества от длины волны излучения λ.

Из формулы 1 выражается коэффициент направленного пропускания атмосферы τ, определяемый как отношение интенсивности света, прошедшего участок трассы, ограниченный длиной измерительной базы l к интенсивности излученного света

$$\tau = \frac{I(l)}{I_0} = e^{-k_\lambda l}. \quad (2)$$

Математический переход от коэффициента направленного пропускания τ к метеорологической дальности видимости МДВ (S) выполняется на основании закона Кошмидера, видоизмененного с учетом выражения 2:

$$S = \frac{\ln(1/\varepsilon)}{\ln(1/\tau)} l, \quad (3)$$

где: ε –применяемый порог контрастной чувствительности глаза.

В документе [5] показано, что исследования, проведенные в ряде государств в области дальности видимости предметов, показали, что порог контрастной чувствительности глаза изменяется в зависимости от размеров предмета. Для приблизительно квадратных предметов, расположенных под углом более 0,5°, применяемый порог контрастной чувствительности глаза (ε) равен 0,02, а для предметов, находящихся под углом менее 0,15° – 0,05. Экспериментальные результаты полевых наблюдений, проведенных с помощью черных маркерных плит в широком диапазоне условий видимости, включая туман, подтвердили действительность закона Кошмидера и показали целесообразность использования порога контрастной чувствительности глаза, приблизительно равного 0,05. ИКАО и Всемирная метеорологическая организация считают, что значение 0,05 является приемлемым для

визуальных наблюдений. Таким образом, при базовом расчете диапазона и погрешности измерений МДВ трансмиссометром ФИ-5, необходимо использовать частную форму записи закона Кошмидера

$$S = \frac{\ln(1/0,05)}{\ln(1/\tau)} l \,. \qquad (4)$$

Важным ограничением, накладываемым на метрологические характеристики трансмиссометров, является неспособность отечественной промышленности изготовить и аттестовать светофильтры. В настоящее время, поверочный комплект светофильтров имеет погрешность 0,1 %, что делает невозможным осуществить метрологический контроль трансмиссометра, обладающего погрешностью измерения коэффициента направленного пропускания τ менее чем 0,3 %.

В связи с этим, несмотря на то, что разрабатываемая для ФИ-5 схемотехника позволяет осуществлять измерения τ с большей точностью, метрологически обоснованными являются следующие требования к погрешности измерения коэффициента направленного пропускания:

а) $\pm 0,3$ при $0 \le \tau \le 10$;

б) $\pm 0,003$ при $10 < \tau \le 100$.

При решении задачи определения оптимальной длины измерительной базы и возможного диапазона измерений в качестве критерия оптимальности принимается соответствие погрешности измерений требованиям руководящих документов и ее минимизация в диапазоне измерений от 30 до 1000 м.

Аналитическое решение показывает, что требования в части диапазона и погрешности измерений выполняются при длине измерительной базы от 25,1 до 44 м. При длине измерительной базы менее 25,1 м погрешность измерения на верхнем пределе диапазона измерений перестает удовлетворять требованиям руководящих документов, при длине измерительной базы более 44 м возрастает погрешность на нижнем пределе диапазона измерений. Оптимальной длиной измерительной базы является длина 35 м, допустимое отклонение при этом составляет ±7,5 м. Фактическая длина измерительной базы будет передаваться в прибор при пуско-наладочных работах на месте эксплуатации после проведения соответствующих замеров.

Поведение погрешности в пределах диапазона измерения при базе 35 м в режиме ближней базы (от БФ до БО) представлено на рис. 3, в режиме дальней базы (БФ до БО и обратно) представлено на рис. 4. По оси абсцисс (X) отложена МДВ в метрах, по оси ординат (*Y*) – относительная погрешность измерения МДВ в процентах.

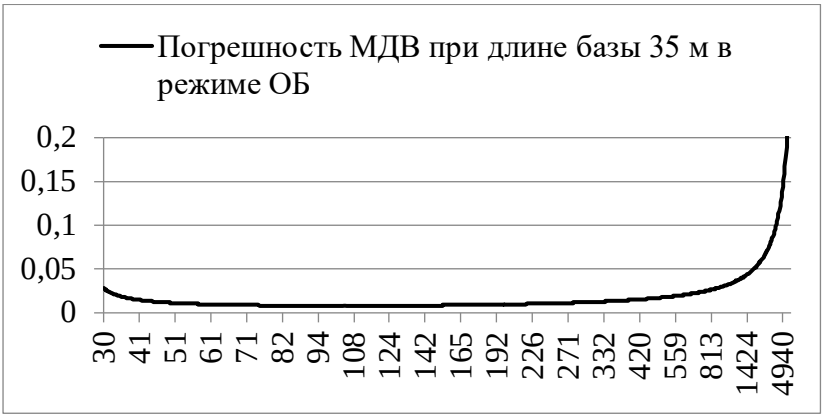


Рис. 3. Распределение погрешности от МДВ в режиме ОБ

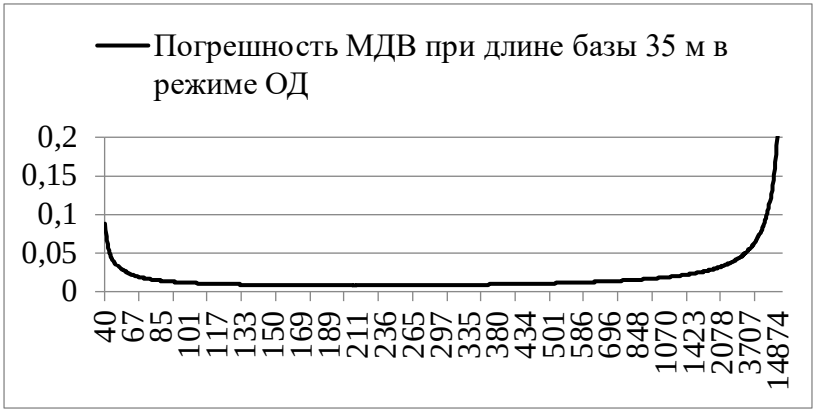


Рис. 4. Распределение погрешности от МДВ в режиме ОД

Также в измерителе дальности видимости будет предусмотрен механизм калибровки ФИ-5 при хорошей видимости – вручную (по команде оператора) или автоматически (по данным разрабатываемого нефелометра).

Заключение

Этап модельных исследований измерителя дальности видимости показал, что в первую очередь для удовлетворения требований тактико-технического задания стоят задачи по улучшению метрологических и эксплуатационных характеристик, увеличению надежности и технологичности производства с учетом существующей политико-

экономической ситуации, и задач снижения зависимости от компонентов импортного производства.

Определено, что важной задачей является усовершенствование алгоритмов стабилизации излучения и динамического изменения измерительной базы.

Список литературы

1. Аэродромный метеорологический радиотелеметрический информационно-измерительный комплекс (АМРИИК): Руководство по эксплуатации ИКШЮ (ИКШЮ. 416318.001 РЭ). – СПб. : ЛОМО-МЕТЕО, –2016. –56 с.

2. Руководящий документ. РД 52.18.761-2012 Средства измерений гидрометеорологического назначения сетевые. Общие технические требования. – Обнинск. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». –2012. –137 с.

3. Комиссия по приборам и методам наблюдений. Шестнадцатая сессия. Санкт-Петербург. 10-16 июля 2014 г. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями, ВМО-№ 1138. – 97 с.

4. Руководство по системам метеорологических наблюдений и распространения информации для метеорологического обслуживания авиации. ВМО-№ 731, Издание 2014 г. –56 с.

5. Руководство по практике наблюдения за дальностью видимости на ВПП и передачи сообщений о ней. ИКАО-Doc 9328 AN/908. –2005. –87 с.

Направления повышения качества декаметровой радиосвязи

М. Ю. Пресняков, e-mail: presmax@mail.ru
М. А. Данилин, e-mail: maxxxl78@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *Предложено повысить качество декаметровой радиосвязи на основе структурно-параметрической адаптации, в рамках которой обеспечивается выбор оптимального количества радиосредств для попеременной параллельной ретрансляции.*

Ключевые слова: *разведзащищенность; радиосвязь; адаптация; ретрансляция; система связи.*

Введение

Опыт современных локальных войн и вооруженных конфликтов показывает, что степень достижения целей военных действий во многом зависит от состояния системы управления, материальной основой которой является система связи [1].

В системе управления авиационным формированием важнейшую роль играет система авиационной радиосвязи, которая используется для обеспечения обмена различными видами информации в диапазонах декаметровых, метровых и дециметровых волн. При этом, декаметровая (ДКМ) радиосвязь имеет важнейшее значение при организации связи на большие расстояния, превышающие дальность прямой видимости.

Необходимо отметить, что с точки зрения разведзащищенности, система ДКМ радиосвязи является наиболее уязвимым звеном системы связи авиационного формирования, поскольку, в силу особенностей диапазона обладают существенными демаскирующими признаками [2].

Разработка моделей

На сегодняшний день основным видом связи в сетях ДКМ радиосвязи является открытая, незасекреченная телефонная радиосвязь, что позволяет средствам радио- и радиотехнической разведки (РРТР) без труда обнаруживать местонахождение источника радиоизлучений и вести анализ передаваемой информации [1, 2]. В этих условиях задача повышения разведзащищенности систем радиосвязи является актуальной, требующей комплексного применения существующих, и разработки перспективных способов применения средств радиосвязи.

© Пресняков М. Ю., Данилин М. А., 2022

Для оценки разведзащищенности можно использовать коэффициент разведзащищенности $K_{рз}$, определяющий способность системы связи противостоять мерам РРТР, направленным на обнаружение факта работы элементов системы связи, определения параметров сигнала необходимых для радиопротиводействия и вскрытия структуры системы управления.

$$K_{рз} = 1 - P_{обн} \cdot P_к \cdot P_а \cdot P_{пел} \cdot P_{оп}, \quad (1)$$

где $P_{обн}$ – безусловная вероятность энергетического обнаружения источника радиоизлучения (ИРИ); $P_к$ – условная вероятность установления контакта постом поиска с ИРИ; $P_а$ – условная вероятность анализа характеристик РЭС постом поиска; $P_{пел}$ – условная вероятность правильного измерения пеленга на ИРИ; $P_{оп}$ – условная вероятность опознавания источника радиосигнала.

Анализ выражения (1) позволяет сделать вывод, что для повышения разведзащищенности системы связи необходимо решить задачу минимизации входящих в него частных показателей $P_{обн}$, $P_к$, $P_а$, $P_{пел}$ и $P_{оп}$. Решение данной задачи на основе комплексной оптимизации энергетических ($P_{обн}$, $P_{пел}$), временных ($P_к$, $P_а$), структурных и признаковых показателей ($P_{пел}$) элементов системы связи позволит обеспечить требуемое (максимальное) значение коэффициента разведзащищенности $K_{рз}$ системы связи в целом. При этом требуется решение следующих частных задач [2]:

– обеспечение требуемой достоверности связи;

– минимизация уровня излучаемых сигналов в направлении приемных антенн системы РРТР;

– минимизация времени работы радиолинии на одной частоте;

– минимизация информативности демаскирующих признаков.

Для обеспечения требуемой достоверности связи в сложной сигнально-помеховой обстановке, разрабатываются и совершенствуются способы автоматического установления и адаптивного ведения связи. При этом, известные способы адаптивного ведения связи основаны на управлении параметрами радиолиний, либо их комбинацией в рамках многопараметрической адаптации [1–3]:

– применение антенных систем, обладающих высокими направленными свойствами;

– компенсация помех с использованием методов управления диаграммой направленности антенн по пространственной координате;

– разнесенный прием сигналов с компенсацией помех при использовании модемных подавителей;

– применение помехоустойчивых видов сигналов и протоколов радиосвязи;

– помехоустойчивое кодирование цифровых сигналов;

– применение частотной адаптации (работа на группе частот);

– адаптация по уровню мощности на выходе передающего устройства;

– адаптация по режимам работы и скорости передачи данных.

Перечисленные методы параметрической адаптации обладают неодинаковой эффективностью и требуют дополнительных исследований с точки зрения обеспечения разведзащищенности. При этом, возможности адаптивного управления структурным ресурсом систем радиосвязи на сетевом уровне в настоящее время практически не реализованы.

Одним из перспективных направлений повышения качества ДКМ радиосвязи является построение автоматизированных сетей радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом. При этом адаптивное управление параметрами элементов такой сети и их режимами работы должно осуществляться после оптимизации ее структуры с учетом параметров трассы распространения радиоволн, сигнально-помеховой обстановки, а также с учетом действия средств РРТР противника.

В работе [4] предложен способ повышения разведывательной защищенности на основе параллельной ретрансляции сигналов. Суть способа заключается в одновременной ретрансляции сигналов от источника сообщений двумя и более радиостанциями с синфазным сложением данных сигналов в точке приема. При этом синфазность сложения сигналов обеспечивается автоматической подстройкой частоты опорных генераторов ретрансляторов по цепи обратной связи от радиостанции получателя сообщений [4]. Основным достоинством данного способа является возможность минимизации мощности излучения передатчиков пропорционально количеству параллельных ретрансляторов. При этом, с точки зрения энергетической эффективности наиболее оптимальная структура параллельного ретранслятора должна включать от четырех до шести элементов. Однако, применение даже двух ретрансляторов позволяет более чем в 2 раза уменьшить излучаемую мощность передатчиков и снизить энергетические показатели системы РРТР.

При объединении в виртуальную антенную решетку двух передатчиков их мощность уменьшается в 2,1 раза, четырех – в 4,5 раза, шести – в 6,8 раз, восьми – в 10 раз [3].

Минимизация времени излучения $t_и$ предлагается на основе попеременной ретрансляции сигналов информации от источника получателю системой пространственно распределенных ретрансляторов [4]. В качестве примера рассмотрим сеть радиосвязи, состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и четырех узлов-ретрансляторов (радиостанций). Вариант подобной системы представлен на рис. 1.

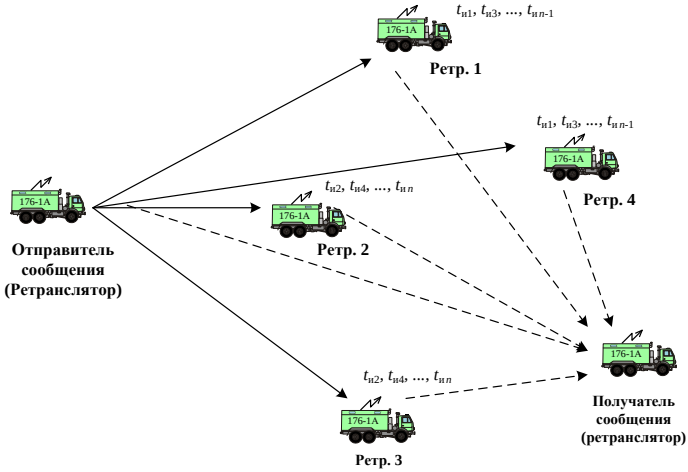


Рис. 1. Вариант адаптивной сети радиосвязи с возможностью попеременного излучения отдельных ретрансляторов

Минимизация времени излучения $t_и$ предлагается на основе попеременной ретрансляции сигналов информации от источника получателю системой пространственно распределенных ретрансляторов (радиостанций). Для рассматриваемого примера (рис. 1), наиболее оптимальным является попарная параллельная ретрансляция, обеспечивающая снижение как энергетических, так и временных показателей [4].

Вариант распределения времени излучения между ретрансляторами для рассматриваемого способа приведен на рис. 2 а.

Общее время передачи информации $t_{u\Sigma}$ разбивается на интервалы t_{ui}, (где $i = 1, 2, \ldots, N$) которые распределяются между ретрансляторами,

осуществляющих попарную попеременную параллельную ретрансляцию.

Величина интервала t_{ui} может определяться характеристиками системы РРТР противника и, например, удовлетворять требованию:

$$t_{ui} < t_a, \tag{2}$$

где t_a – время анализа характеристик элемента системы связи после его обнаружения системой РРТР.

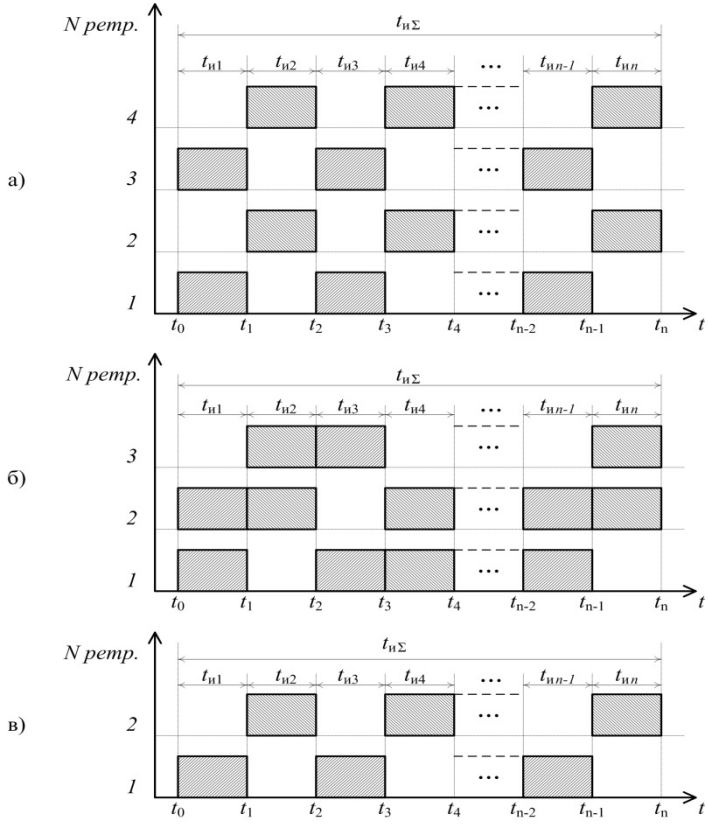


Рис. 2. Вариант распределения времени излучения между ретрансляторами автоматизированной сети радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов

Заключение

Анализ результатов расчета [3, 4] показывает, что при времени излучения менее 5 с коэффициент разведывательной защищенности превышает значение 0,8. При этом, попеременная ретрансляция двух и более ретрансляторов позволит пропорционально снизить мощность их передатчиков.

Таким образом, анализ результатов оценки разведывательной защищенности сетей ДКМ радиосвязи на основе способов адаптивного управления структурно-параметрическим ресурсом, позволяет сделать рекомендации по минимизации мощности и времени излучения радиолинии на одной частоте на основе попеременной ретрансляции сигналов пространственно-распределенными радиостанциями, объединяемых в группы для параллельной ретрансляции сигналов с синфазным сложением мощности излучения в точке приема. Оптимальная структура адаптивной сети ДКМ радиосвязи должна включать от 2 до 4 радиостанций.

Список литературы

1. Боговик, А. В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В.Игнатов. – С.Пб.: ВАС, 2006. – 184 с.

2. Рябов А. В. Анализ факторов, влияющих на разведзащищенность сетей авиационной радиосвязи / А. В. Рябов, М. Ю. Пресняков // сб. научных статей Международной военно-научной конференции «Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере» (Воронеж, 13–14 апреля 2017 г.). – Воронеж: ВВА, 2017. – С. 370-374.

3. Рябов А. В., Пресняков М. Ю. Способ повышения разведзащищенности сети декаметровой радиосвязи на основе минимизации мощности передатчиков при параллельной ретрансляции / А. В. Рябов, М. Ю. Пресняков // «Проблемы автоматизации управления войсками ПВО-ПРО на современном этапе»: сб. мат-лов Всероссийской военно-научной конференции «Проблемы совершенствования форм и способов применения войск ПВО-ПРО на современном этапе» (Межведомственная). Секция № 7 / Под общ. ред. – А.Н. Тезикова. – Тверь: Военная академия ВКО, 2020. – С. 46-51.

4. Рябов А. В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением времени излучения передатчиков / А. М. Карпель, А. В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. мат-лов XIX международной научно-методической конференции / Под ред. Д.Н. Борисова (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж: ВГУ, Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), – 2019. – С. 1156-1160.

Анализ сходимости ряда Флинта-Хиллза

А. И. Прошунин [1], email:alexfrauch@gmail.com
А. В. Толкачев [1,2], email: tolkachev.akim@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова

Аннотация. *В данной работе проводиться анализ сходимости ряда Флинта-Хиллза. Разработан метод численной проверки сходимости ряда до чисел 10^{2500}. Получена численная оценка динамики сходимости данного ряда.*

Ключевые слова: *численные методы, ряд Флинта-Хиллза.*

Введение

Огромную прикладную роль в физики и математики играет понятие числовой ряд и возможность с его помощью апроксимировать функции Решение основных канонических уравнений матфизики основанно на идеи получения решения с помошью разложения в ряд Фурье. Однако, матемематический аппарат числовых рядов приложим не только к физики, но и к экономики, финансам, популяции. Ключевым, с точки зрения, для математиков, становится тут вопрос о сходимости ряда [1, 2, 3, 4].

Появление цифровой вычислительной техники сыграло важнейшую роль в развии уравнений математической физики и их способах интегрирования. Математикам и физикам стал доступен прямой численный рассчет, что дает возможность исследовать вопрос о сходимости, там, где классические методы анализа уже не давали результата.

Например, в списке таких математических проблем есть на первый взгляд простая и интересная задача. Ряд вида (1) называется рядом Флинта-Хиллза.

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3 \sin^2 n}. \qquad (1)$$

До сих пор вопрос сходимости ряда (1) открыт потому, что его член $1/\sin^2 n$. может принимать большое числовое значение. Существующее

© Прошунин А. И., Толкачев А. В., 2022

оценки показывают его поведение до $n = 10^4$ приводят к значению 30.3145.

В своей работе Алексеев [4] показал, что вопрос о сходимости ряда Флинт-Хилла связан с мерой иррациональности, и π, в частности, сходимость будет означать $\mu(\pi) \le 2.5$, что намного сильнее, чем лучшая известная в настоящее время верхняя граница. В [5] показано, что мера иррациональности более 7, что также недостаточно об утверждении сходимости.

1. Алгоритм проверки

Ранее отмечалось, что член $1/\sin^2 n$ в (1) может давать слагаемые, что имеют достаточно большие по абсолютной величене значения. Такие значения накладываются в общую сумму и ряд расходится. Причем может выходить с каждой итерацией все большая и большая величина. Например, положительные целые значения, дающие наибольшие и возрастающие значения для члена $1/\sin^2 n$ – это $1, 3, 22, 333, 355, 103993, \ldots$ Они же в свою очередь являются числителями рационального приближения числа π.

Поэтому для того, чтобы проверить сходимость численно, необходимо определить значения, что наибольшим образом оказывают влияние на расхождение ряда. Этот синус в знаменателе достаточно равномерно на бесконечной прямой заполняет значения от нуля до единицы. Поэтому для проверки гипотезы в первую очередь необходимо исследовать сходимость ряда, который состоит из числителей рационального приближения π. В некотором смысле можно сказать, что это «подряд», что состоит из элементов в своей сумме с наименьшей скоростью сходимости.

Такой ряд с необходимыми нам элементами, состояштй их числителей рационального приближения π строиться с помощью цепных дробей

$$[a_0, a_1, a_2, a_3, \ldots] = a_0 + \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \cfrac{1}{a_3 + \ldots}}}. \qquad (2)$$

Значение для числа π следует брать с большим количеством знаков после запятой. Подконец воспользуемся неравенством $\sin x \ge c \cdot x$ (для достаточно малых x), чтобы упростить знаменатель в (3)

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{p_k^3 \sin^2 p_k}, \tag{3}$$

так как $\sin^2(p_k) = \sin^2(p_k - \pi q_k) \approx (p_k - \pi q_k)^2$, то получим новый рял, что будем использовать в иследоании сходимости:

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{p_k^3 (p_k - \pi q_k)^2}. \tag{4}$$

где $p_k / q_k \to \pi, k \to \infty$.

2. Численный результат работы алгортма

Алгоритм для расчета реализован в интегрированной среде разработки Jupyter Notebook на языке Pyton. В расчете использовалось число π с 54605 числами после запятой. В ходе численного эксперимента сумма для первых 5000 элементов ряда составила величину 27.644611398994503. Динамика расчета суммы ряды в зависимости от итерации представлена на рис 1. На данном промежутке хорошо видно, что ряд достаточно быстро сходиться к некоторому значению.

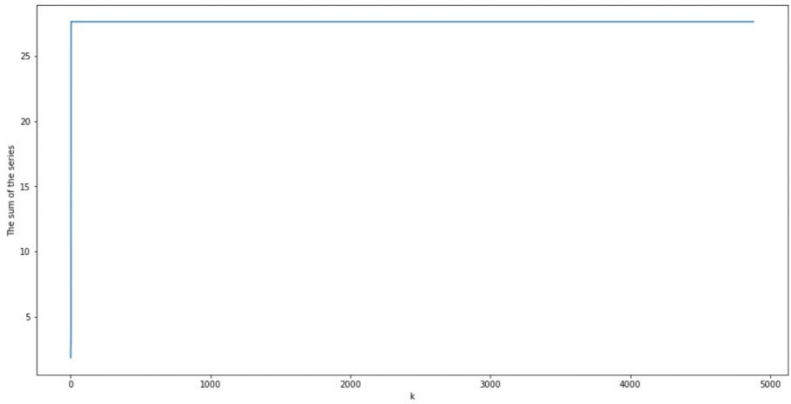


Рис. 1. Величина суммы ряда в зависимости от k

На рис. 2. показана скорость убывания элементов, как величина элемента ряда в зависимости от k. Видно, что ряд хорошо ложиться на линию геометрической последовательности. С учетом этих значений сумма ряда:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3 \sin^2 n} \approx 30.3021116102965485.$$

Дальнейшее изучение сходимости ряда требует детального исследования в области меры иррациональности числа π.

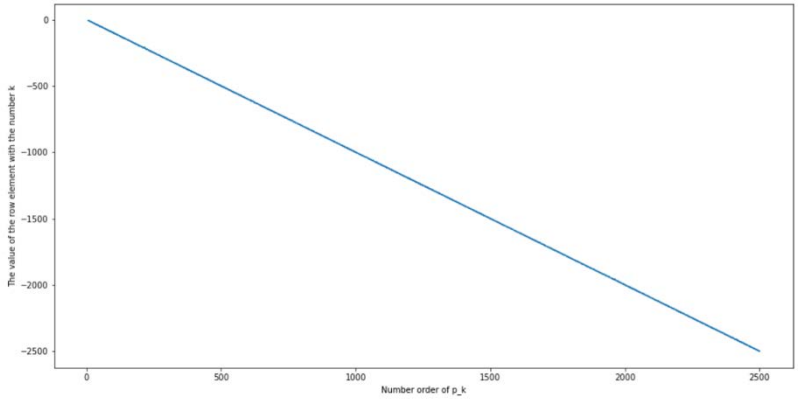


Рис. 2. Величина элементов в зависимости от порядка числа

Заключение

В работе провилось исследование сходимости ряда Флинта-Хиллза. Разработан метод численной проверки сходимости ряда до чисел 10^{2500}. Получена численная оценка динамики сходимости данного ряда.

Список литературы

1. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ – М.: Наука, 1984. – 752 с.

2. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления, в трёх томах. – М.: Физматлит, 2001.

3. Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. – М.: Наука, 1981. – 304 с.

4. Alekseyev, M. A. (2011). On convergence of the Flint Hills series. arXiv preprint arXiv:1104.5100.

5. Zeilberger D., Zudilin W. The irrationality measure of π is at most 7.103205334137… //Moscow Journal of Combinatorics and Number Theory. – 2020. – Т. 9. – №. 4. – С. 407-419.

Высокоточные вычисления для моделирования нелинейных динамических систем с аттракторами

А. Н. Пчелинцев, email: pchelintsev.an@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В данном докладе рассматриваются метод, алгоритм и программная реализация, использующие высокоточные вычисления для построения приближений к неустойчивым решениям динамических систем с квадратичной правой частью в их аттракторах. Частный случай таких систем – система Лоренца. Описаны используемые библиотеки в разработанном комплексе программ.*

Ключевые слова: *аттрактор, высокоточные вычисления, степенной ряд, MPFR C++, Boost uBLAS.*

Введение

Рассмотрим динамическую систему с квадратичными нелинейностями вида

$$\dot{X} = B_0 + B_1 X + \Phi(X), \tag{1}$$

где $X(t) = [x_1(t) \dots x_n(t)]^T$ – векторная функция времени t со значениями в пространстве R^n, $B_0 \in \mathrm{R}^n$ – заданный вектор-столбец,

$$\Phi(X) = [\phi_1(X) \dots \phi_n(X)]^T, \tag{2}$$

$\phi_p(X) = \left\langle Q_p X, X \right\rangle$, B_1 и Q_p $(p = 1, ..., n)$ – матрицы $n \times n$ действительных чисел.

Активный интерес в научной литературе к системам вида (1) возник, начиная где-то с середины XX века. Самый популярный объект для компьютерного моделирования из класса систем (1) – это система Лоренца [1]:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \sigma(x_2 - x_1), \\ \dot{x}_2 = r x_1 - x_2 - x_1 x_3, \\ \dot{x}_3 = x_1 x_2 - b x_3. \end{cases} \tag{3}$$

Для системы (2) матрицы имеют вид:

© Пчелинцев А. Н., 2022

$$B_0 = \bar{0},\ B_1 = \begin{bmatrix} -\sigma & \sigma & 0 \\ r & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -b \end{bmatrix},\ Q_1 = O,\ Q_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$
$$Q_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Подобные системы представляют интерес для исследователей, поскольку они являются системами с рассеиванием энергии, т. е. диссипативными. В них присутствует сжатие объема фазового пространства, и все траектории равномерно ограничены. Таким образом, в существует притягивающее множество, к которому стремятся все решения при $t \to \infty$, называемое аттрактором динамической системы. Следовательно, аттракторы диссипативных систем определяют их поведение на больших временных отрезках времени. Однако для многих систем вида (1) предельные решения неустойчивы. Поэтому для корректного численного интегрирования нужны высокоточные методы, позволяющие гибко управлять накоплением ошибки вычислений на большом отрезке времени. Например, с повышением порядка методов Рунге-Кутты растет сложность формул вычисления приближенных значений фазовых координат (они имеют древовидную структуру) [2, 3].

В последнее время для моделирования неустойчивых предельных решений систем вида (1) многие исследователи (например, [4, 5]) начали использовать эффективные модификации метода степенных рядов.

В данной работе будут рассмотрены метод, алгоритм и программная реализация, использующие высокоточные вычисления для построения приближений к неустойчивым решениям системы (1).

1. Разложение решений в степенной ряд

Неустойчивость предельных решений системы (1), по сути, делает некорректным применение классических численных методов на больших отрезках времени. Заметим, что на таких отрезках и строятся предельные множества динамических систем. Можно перейти к высокоточным вычислениям, но тогда придется брать достаточно малые шаги интегрирования. Решением проблемы является применение модификации метода степенных рядов с рекуррентным вычислением коэффициентов разложения.

Представим решение системы (1) в виде ряда

$$X(t)=\sum_{i=0}^{\infty}\mathrm{Y}_i t^i, \tag{5}$$

где вектор Y_0 определяется заданным начальным условием, остальные векторы-коэффициенты разложения (3) вычисляются по следующим рекуррентным формулам [4]:

$$\begin{gathered}\Psi_i=[\psi_{i,1}...\psi_{i,n}]^T,\\ \psi_{i,p}=\sum_{j=0}^{i}\left\langle Q_p\mathrm{Y}_i,\mathrm{Y}_{i-j}\right\rangle,\ \ p=1,...,n,\\ \mathrm{Y}_1=B_0+B_1\mathrm{Y}_0+\Psi_0,\\ \mathrm{Y}_i=\frac{B_1\mathrm{Y}_{i-1}+\Psi_{i-1}}{i},\ \ i=2,3,4,...\end{gathered} \tag{6}$$

Область сходимости ряда (3) ограничена для многих нелинейных систем вида (1), зависит от начального условия и может быть оценена по формулам [4]:

$$\begin{gathered}h_1(\mathrm{Y}_0)=\|\mathrm{Y}_0\|,\ \ \mu=n\max_{p=1,...,n}\|Q_p\|,\\ h_2(\mathrm{Y}_0)=\begin{cases}\|B_0\|+\left(\|B_1\|+2\mu\right)h_1(\mathrm{Y}_0)+\mu\left(h_1(\mathrm{Y}_0)\right)^2 & \textit{для}\ \ h_1>1,\\ \|B_0\|+\|B_1\|+\mu & \textit{в противном случае,}\end{cases}\\ \tau(\mathrm{Y}_0)=\frac{1}{h_2(\mathrm{Y}_0)+\delta},\ \ t\in[-\tau;\tau],\end{gathered} \tag{7}$$

где δ – любое положительное число (может быть выбрано сколь угодно малым).

Далее опишем алгоритм построения дуги траектории на заданном отрезке времени [0; T].

2. Алгоритм построения дуги траектории и программная реализация

В статье [5] численный метод, основанный на представлениях (3) – (5), называется FGBFI-методом (**F**irmly **G**rounded **B**ackward-**F**orward **I**ntegration – надежно обоснованное обратно-прямое интегрирование). Далее опишем алгоритм, положенный в его основу.

Пусть T – заданная длина отрезка интегрирования, S_a – шар, содержащий аттрактор системы (1). Зададим такое представление вещественного числа, чтобы машинный эпсилон

$$\varepsilon_m << \varepsilon_{pw}, \tag{8}$$

где ε_{pw} – точность оценки общего члена ряда (3), т.е. суммирование по формуле (3) прекращается при таком значении $i = i^*$, когда

$$\left\| \mathrm{Y}_{i^*} \right\| \cdot \left| \Delta t \right|^{i^*} < \varepsilon_{pw}, \tag{9}$$

где Δt – шаг интегрирования. Отметим, что для сходимости ряда величину Δt нужно выбирать как

$$0 < \Delta t \le \tau(\mathrm{Y}_0) \text{ (в прямом времени)} \tag{10}$$

или

$$-\tau(\mathrm{Y}_0) \le \Delta t < 0 \text{ (в обратном времени).} \tag{11}$$

Т.к. область сходимости ряда (3) ограничена, мы не можем взять $\Delta t = T$ (как было указано выше, значение T велико). Поэтому будем сшивать дугу траектории на отрезке времени [0; T] дугами, на которых ряд (3) сходится.

Поскольку при компьютерном моделировании мы можем оперировать только дискретным набором векторов фазовых координат (вместо непрерывной функции $X(t)$), то по аналогии с методами Рунге-Кутты будем получать приближенные значения фазовых координат через шаг интегрирования, только вычисления вести на каждом шаге по формулам (3) – (6) при $t = \Delta t$.

Отметим, что здесь накопление ошибки на каждом шаге значительно меньше, чем для методов Рунге-Кутты фиксированного порядка, т.к. мы достаточно быстро можем досчитать нехватающие члены в сумме по формулам (3) и (4), уменьшив величину ε_{pw}. Из формул (5) видно, что при таком численном интегрировании шаг интегрирования будет переменным.

Пусть величина *way* отвечает за направление интегрирования: *way* = 1 – в прямом времени, *way* = –1 – в обратном времени.

Далее приведем алгоритм получения приближенных значений фазовых координат:

1. **Задать** вектор $X_0 \in S_a$ начального условия и значение *way*;
2. $t := 0$;
3. *ended* := `false`; /* заканчиваем ли алгоритм */
4. $l := 1$; /* номер отрезка сходимости ряда (3) */
5. **Вычислить** значение шага интегрирования $\Delta t = \tau(X_{l-1})$, используя формулы (5);
6. **Если** $\Delta t > T - t$, **то** $\Delta t := T - t$; $t := T$

Иначе $t := t + \Delta t$;

7. $Y_0 := X_{l-1}$;
8. $X_l := X_{l-1}$;
8. p := 1; /* произведение степеней t */
9. i := 0; /* номер текущего члена ряда */
10. $i := i + 1$; /* увеличить i на единицу */
11. $p := p \cdot way \cdot \Delta t$; /* вычислить текущую степень $t = \Delta t$ с учетом направления интегрирования – для нечетных степеней отрицательная величина p при $way = -1$ */
12. **Вычислить** по формулам (4) вектор Y_i ;
13. $X_l := X_l + Y_i \cdot p$; /* прибавить к X_l текущий член ряда */
14. $L := \|Y_i\| \cdot |p|$; /* правая часть неравенства (6) */
15. **Если** $L > \varepsilon_{pw}$, **то перейти** к шагу 10;
16. **Вывести** значение текущего момента времени $way \cdot t$ и вектор X_l полученных фазовых координат;
17. **Если** $X_l \notin S_a$, **то** мы вышли за шар B_a ; **вывести** "Уменьшите величину ε_{pw} и/или ε_m "; *ended* := `true`;
18. **Если** $t = T$, **то** *ended* := `true`;
19. Если *ended*, то закончить алгоритм;
17. $l := l + 1$;
18. **Перейти** к шагу 5.

Критерии проверки точности получаемого приближенного решения описаны в работах [4, 5]. Заметим, что обратный проход по времени используется в некоторых из них.

Для программной реализации приведенного выше алгоритма при $B_0 = \overline{0}$, а также исследования предельных точек динамических систем вида (1) на устойчивость по Пуассону и вычисления показателей Ляпунова модифицированным алгоритмом Бенеттина (см. статью [5]), был разработан комплекс программ на языке C++ под Linux. Получено свидетельство о государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ [6]. Исходные тексты доступны на GitHub по ссылке [7].

Для проведения матричных операций на языке C++ были использованы алгоритмы и шаблонные типы библиотеки uBLAS линейной алгебры собрания библиотек классов Boost. Отметим, что библиотека uBLAS дает большой выигрыш по времени.

Обычно в расчетах многие исследователи работают с субнормальными действительными числами одинарной или двойной точности, представленными в формате IEEE 754 [8]. Основным недостатком здесь является фиксированная точность представления действительных чисел, которая может не позволить нам численно построить приближения к неустойчивым решениям систем дифференциальных уравнений на больших отрезках времени. Поэтому для высокоточных вычислений используется библиотека MPFR C++ [9, 10, 11].

Заключение

В данной работе был описан высокоточный алгоритм построения приближений к неустойчивым решениям динамических систем вида (1), а также приведена ссылка на разработанный комплекс программ на языке C++. Для представления чисел произвольной точности использовался тип данных `mpreal` библиотеки MPFR C++ с перегруженными арифметическими операциями, а также дружественными математическими функциями.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 20-01-00347-а).

Список литературы

1. Lorenz, E. Deterministic nonperiodic flow / E. Lorenz // Journal of the Atmospheric Sciences. – 1963. – Vol. 20, Iss. 2. – pp. 130-141.
2. Hairer, E. Solving ordinary differential equations I: nonstiff problems / E. Hairer, S. P. Norsett, G. Wanner. – Berlin : Springer, 1993. – 528 p.
3. Butcher, J. C. Numerical methods for ordinary differential equations / J. C. Butcher. – Chichester : John Wiley & Sons, 2003. – 440 p.
4. Lozi, R. A new accurate numerical method of approximation of chaotic solutions of dynamical model equations with quadratic nonlinearities / R. Lozi, V. A. Pogonin, A. N. Pchelintsev // Chaos, Solitons & Fractals. – 2016. – Vol. 91. – pp. 108-114.
5. Pchelintsev, A. N. On the Poisson stability to study a fourth-order dynamical system with quadratic nonlinearities / A. N. Pchelintsev // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, Iss. 17. – № 2057, 18 p.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021618416. Высокоточный метод решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с квадратичной правой частью / А. Н. Пчелинцев. – 23.07.2021 г.

7. The reliable calculations for the 4-th order system [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/alpchelintsev/4th_order_system

8. Overton, M. L. Numerical computing with IEEE floating point arithmetic / M. L. Overton. – Philadelphia : SIAM, 2001. – 106 p.

9. GNU MPFR library for multiple-precision floating point computations with correct rounding [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – Режим доступа: https://www.mpfr.org/

10. MPFR: A multiple-precision binary floating-point library with correct rounding / L. Fousse [and oth.] // ACM Transactions on Mathematical Software. – 2007. – Vol. 33, Iss. 2. – № 13, 15 p.

11. The high-performance C++ interface for MPFR library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/advanpix/mpreal

Электродинамический анализ и синтез антенных решеток для беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru
О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru
А. В. Евсеев, email: superfisherman1@mail.ru
Ю. В. Сторожук, email: yu.storozhyk@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), г. Воронеж, Россия

Аннотация. *Выполнен обзор методов электродинамического анализа и синтеза антенных решеток для беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью. Оценены возможности применения этих методов для обоснования технических путей построения средств мониторинга на беспилотных летательных аппаратах с требуемыми показателями эффективности выполнения функциональных задач и защищенности от систем контроля воздушного пространства.*

Ключевые слова: *Беспилотный летательный аппарат, комплекс мониторинга, антенная решетка, электродинамическое моделирование, радиолокационная заметность объекта.*

Введение

Для скрытного мониторинга обстановки в удаленных регионах и труднодоступных районах со сложным профилем местности широкое применение находят радиотехнические комплексы [1] с беспилотными летательными аппаратами (БЛА), характеризуемые низкими уровнями радиолокационной заметности [2].

Высота полета БЛА обеспечивает значительную дальность прямой видимости [3], превосходящую значения, достижимые для наземных средств мониторинга, а мобильность комплексов позволяет оперативно переносить усилия по добыванию данных и сосредотачивать усилия по мониторингу в заданных областях [1]. Снижение радиолокационной заметности входит в перечень мер по достижению защищенности БЛА от систем контроля воздушного пространства, реализация которых способствует бескомпроматному выполнению функциональных задач мониторинга [4].

© Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Евсеев А. В., Сторожук Ю. В., 2022

Перечень ключевых вопросов создания малозаметных беспилотных комплексов мониторинга включает поиском технических решений по разработке их антенных систем. Облик конструкций бортовых антенн определяется на компромиссной основе при совместном удовлетворении противоречивых требований по эффективности приема [1] и плотности потока энергии вторичного излучения сигналов [2, 4]. Коэффициенты направленного действия (КНД) антенн должны обеспечивать требуемые энергетические потенциалы радиоканалов, а диаграммы направленности (ДН) – показатели пространственной избирательности приема сигналов и помехозащищенности аппаратуры мониторинга [4]. Повышение КНД антенны, способствующее возрастанию дальности действия комплекса, может сопровождаться увеличением уровня боковых лепестков ДН, создавая побочные каналы для воздействия помех внешних источников. При этом, в соответствии с теоремой Умова-Пойнтинга [3], улучшение показателей направленности приводит к возрастанию плотности потока энергии электромагнитного поля, рассеиваемого антенными нагрузками, что определяет увеличение эффективных площадей рассеяния (ЭПР) комплексов в целом.

Для нахождения технических путей построения антенных систем для малозаметных беспилотных комплексов мониторинга требуется решить две группы задач.

Первая группа включает в себя задачи электродинамического анализа антенн для установления взаимосвязей их КНД, ДН и ЭПР с параметрами приемных конструкций и несущих поверхностей.

Вторая группа объединяет задачи синтеза, суть которых состоит в нахождении параметров конструкций антенн для реализации требуемых КНД, ДН и ЭПР при установленных взаимосвязях с характеристиками несущих поверхностей. Требуемые направленные и рассеивающие, как правило, определяются по результатам решения задачи двухэтапного синтеза [5], где сначала определяются параметры конструкции антенны, позволяющие достичь установленный КНД при ограничениях на форму ДН, а затем – требуемую ЭПР при контроле изменений достигнутой ДН.

В предлагаемой работе проведен обзор методов и исследованы возможности анализа и синтеза антенных решеток (АР), применяемых в беспилотных комплексах мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью. Целесообразность использования решеток в комплексах обусловлена малыми массогабаритными показателями, позволяющими минимизировать потери аэродинамических характеристик БЛА при получении значительных дальностей приема информационных сигналов за счет их синфазного сложения в различных приемных каналах. При амплитудно-фазовой корректировке токов решеток формируются ДН,

способные выполнять пространственную (пространственно-частотную) режекцию помех без применения вспомогательных компенсационных устройств [5, 6], а также уменьшаются ЭПР в секторах, опасных для обнаружения комплексов системами контроля воздушного пространства.

Цель работы – обоснование рациональных условий выбора методов анализа и синтеза АР для создания комплексов на БЛА с требуемыми показателями эффективности выполнения задач мониторинга и защиты от систем контроля воздушного пространства.

1. Задачи электродинамического анализа антенных решеток для беспилотных комплексов мониторинга

Электродинамический анализ АР для комплексов мониторинга на БЛА выполняется в интересах решения следующих основных задач [7]:

– исследование базовых компонентов конструкций и АР в целом с установлением взаимосвязей их параметров с характеристиками приема и рассеяния сигналов;

– оценка эффективности приема и вторичного излучения сигналов АР на несущих поверхностях, соответствующих фрагментам корпусов БЛА.

В настоящее время в контексте решения первой из указанных задач разработаны основы анализа идеально проводящих круглых цилиндров резонансных размеров, являющихся базовыми компонентами АР вибраторного типа, и методы решения их краевых задач при разложении поверхностных токов в ряды пространственных гармоник. Плотности поверхностных токов представляются в виде векторов продольных и азимутальных компонентов. Распределение токов находится путем суммирования бесконечных рядов Фурье с весовыми коэффициентами азимутальных гармоник, численные значения которых определяются как суммы последовательностей базисных функций краевой задачи [3, 7]. Построены модели рассеяния электромагнитных волн, возбуждаемых элементарными электрическими (магнитными) диполями, на цилиндрах конечной длины. Исследованы направленные свойства элементарных излучателей, расположенных вблизи боковых и торцевых поверхностей цилиндров [3, 6].

Однако область применения указанных результатов ограничена условием монохроматического приближения возбуждающего поля, при котором токи объектов представляются гармоническими колебаниями с циклическими частотами несущих при отсутствии переходных процессов их формирования [7, 8]. Данное ограничение не позволяет исследовать закономерности возбуждения цилиндров импульсными излучениями; распределения поверхностных токов объектов являются нестационарными, что определяет необходимость анализа их изменений

не только в различных точках пространства, но и в различные моменты времени с учетом длительности возбуждающих воздействий [7].

Кроме того, известные методы применимы для анализа объектов больших электрических размеров, где для токов время установления стационарного режима существенно меньше времени распространения возбуждающего сигнала в пределах объекта. Их применение для анализа решеток резонансных и диапазонных вибраторов, возбуждаемых импульсными сигналами, затруднено по следующим причинам:

– при приеме широкополосного (сверхширокополосного) сигнала электрические размеры антенных элементов, определяемые для текущей частоты его спектра [3], принадлежат не только квазиоптической, но и резонансной области [3, 6], в которой исключается их представление протяженными объектами;

– постановка задач нестационарного возбуждения антенных элементов выполнена при контроле условия Зоммерфельда для поля излучения на бесконечности [3] и условия обращения в нуль поля на нулевой частоте спектра; для исследования АР требуется применять граничные условия на поверхностях элементов для суперпозиции их полей в интересах учета электромагнитного взаимодействия через вторичное излучение.

В этой связи в работе предлагаются:

– метод электродинамического анализа компонентов приемных структур АР, возбуждаемых импульсными волновыми процессами. В отличие ранее известных, базирующихся на поиске решений векторных краевых задач в виде бесконечных рядов пространственных гармоник стационарных поверхностных токов [3, 6, 7], он основан на нахождении пространственно-временного распределения гармоник токов в виде произведения последовательностей пространственных и временных базисных функций;

– электродинамические модели решеток электрических вибраторов. В отличие от ранее известных моделей, предназначенных для расчета характеристик антенных систем, возбуждаемых монохроматическими волновыми процессами, в предлагаемых моделях устанавливаются зависимости пространственно-временного распределения токов от угло-временного распределения возбуждающих полей через операторы краевых задач в режиме приема импульсных радиосигналов.

В рамках решения второй задачи анализа с использованием метода интегральных уравнений построены модели антенн на проводящих и диэлектрических экранах и обоснованы способы обеспечения заданных

направленных свойств за счет выбора профиля и электрофизических параметров несущих поверхностей.

Однако полученные методические результаты не использоваться для исследования АР ввиду отсутствия электромагнитных связей между элементами через поля вторичного излучения.

Для устранения отмеченного недостатка в работе предлагаются новые электродинамические модели АР для комплексов мониторинга на БЛА.

В отличие от известных моделей, разработанных для исследования АР в однородном изотропном пространстве, комплексные амплитуды токов антенных элементов находятся путем вычисления их значений при граничных условиях для электрического поля в свободном пространстве [3] и умножения на дифракционные коэффициенты несущих экранов [7]. В результате устанавливается взаимосвязь ДН АР с электрическими размерами несущих поверхностей, что позволяет учитывать эффекты экранирования рабочих секторов углов при размещении на БЛА. В отличие антенных систем на экранах квазиоптических и оптических электрических размеров, анализ которых в приближении физической оптики заключается в расчете токов приемных конструкций антенн и поверхностных токов, наводимых возбуждающим полем, дополнительно вычисляются токи, отраженные от краев и затекающие за кромки носителей. В отличие от моделей одиночных антенн на экранах токи элементов АР определяются при граничных условиях для суперпозиции принимаемых и рассеиваемых полей, что позволяет учесть связи в решетках через поля вторичного излучения.

2. Задачи синтеза антенных решеток для беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью

Синтез АР беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью выполняется в интересах получения максимальными КНД и минимальными ЭПР при требуемых формах ДН.

При синтезе решеток применяются следующие критерии [6, 9]:

а) с минимизацией среднеквадратического отклонения (СКО) ДН от заданной формы;

б) с минимизацией СКО квадрата ДН от требуемой формы.

При использовании первого из указанных критериев достигается достаточно точное восстановление искомой ДН решетки, и ввиду того, что главный луч ДН имеет требуемую форму, минимизируются потери КНД. Однако КНД АР убывает пропорционально ширине ДН во второй степени, поскольку при приближении формы ДН к заданному виду накладываются ограничения не только на амплитуды, но и фазы токов антенных элементов [9].

Для второго критерия имеет место линейная зависимость снижения КНД по мере расширения главного луча ДН решетки, ввиду того, что ограничения устанавливаются только для абсолютных значений токов антенных элементов [9].

Общий недостаток критериев заключается в следующем:

– нахождение токов АР сводится к решению математически некорректных задач [10] методами нелинейного программирования с применением неформализованных процедур регуляризации [11];

– при малых электрических размерах, характерных для АР целевых нагрузок БЛА мониторинга, формирование нулей в направлениях локальных экстремумов ДН в секторах ближних боковых лепестков сопровождается повышением уровня дальних боковых лепестков [12, 13], что способствует ухудшению пространственной избирательности и помехозащищенности приемника. Подавление среднего уровня боковых лепестков ДН за счет увеличения числа нулей сопровождается потерями КНД, приводящими к уменьшению эквивалентной чувствительности бортовой аппаратуры [12].

В работе представлен метод синтеза АР с максимальными КНД и минимальными ЭПР, достижимыми при требуемых формах ДН, для устройств с совместными и раздельными диаграммообразующими устройствами (ДОУ) в суммарных и разностных приемных каналах [14], базирующийся на достижении требуемых уровней ДН на множестве направлений без минимизации среднего уровня боковых лепестков.

Фиксация значений ДН для определенных угловых положений при отсутствии требований к форме боковых лепестков [12, 13] приводит к снижению потерь КНД антенной системы [9, 14]. Вместо одиночного неопределенного множителя Лагранжа, минимизирующего интеграл от квадрата разности искомой и требуемой ДН решетки, вычисляются множители Лагранжа [9] на множестве направлений и дискретных значений частот в полосе рабочих частот приемника.

Расчет распределения токов с параметрами в виде неопределенных множителей Лагранжа критерий основан на решении системы линейных уравнений с частичным обращением матрицы [10], элементами которой являются парциальные диаграммы антенных элементов. Как показано в [12], токи, удовлетворяющие используемому критерию, обеспечивают совпадение ДН АР в области главного луча с формами, достижимыми при применении критериев с минимизацией СКО ДН и ее квадрата от заданного вида. При последовательной коррекции распределения токов путем последовательного создания нулей ДН в направлениях локальных экстремумов формируются секторные провалы, позволяющие снизить

средний уровень боковых лепестков, как и при использовании критерия синтеза с минимизацией СКО ДН от установленной формы.

Синтез решеток с нулями ДН, формируемыми с применением совместных и раздельных ДОУ, в отличие от известных методов, где выполнялся контроль смещения равносигнальных направлений [15], базируется на сохранении положений главного луча ДН и диаграмм моноимпульсных групп. Инвариантность положения максимума ДН при формировании нулей позволяет достичь высоких значений КНД в широком диапазоне частот.

Заключение

Таким образом, проведен обзор методов электродинамического анализа и синтеза решеток для беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью.

Разработаны модели и метод анализа АР, позволяющие исследовать их базовые компоненты и конструкции в целом с установлением взаимосвязей параметров с характеристиками приема и рассеяния сигналов. Предложены критерии и метод синтеза АР с максимальными КНД и минимальными ЭПР при установлении ограничений на формы ДН с использованием аппарата неопределенных множителей Лагранжа.

Показано, что предпочтительным для получения заданной формы ДН с минимизацией потерь КНД АР является критерий, базирующийся на контроле соответствия формируемой и требуемой ДН на множестве фиксированных направлений.

Оценены возможности применения методов анализа и синтеза АР для обоснования технических путей построения средств мониторинга на БЛА с заданными показателями эффективности выполнения задач и защищенности от систем контроля воздушного пространства.

Список литературы

1. Радзиевский, В. Г. Теоретические основы радиоэлектронной разведки / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. – М. : Радиотехника, 2004. – 432 с.

2. Ананьин, Э. В. Методы снижения радиолокационной заметности / Э. В. Ананьин, Р. П. Ваксман, Ю. М. Патраков // Зарубежная радиоэлектроника. – 1994. – № 4/5. – С. 5-21.

3. Неганов, В. А. Электродинамика и распространение радиоволн / В. А. Неганов, О. В. Осипов, С. Б. Раевский и др. ; под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. – М. : Радио и связь, 2005. – 648 с.

4. Меньшаков, Ю. К. Теоретические основы технических разведок / Ю. К. Меньшаков. – М. : МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. – 536 с.

5. Разинькова, О. Э. Двухэтапный синтез антенной решетки с заданной диаграммой направленности и минимальной эффективной площадью рассеяния / О.Э. Разинькова // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2021. – № 18. – С. 108-119.

6. Неганов, В. А. Современная теория и практические применения антенн / В. А. Неганов, Д. П. Табаков, Г. П. Яровой ; под ред. В. А. Неганова. – М. : Радиотехника, 2009. – 720 с.

7. Тимошенко, А. В. Современное состояние и задачи совершенствования методических основ построения антенных решеток беспилотных радиотехнических комплексов / А. В. Тимошенко, С. Н. Разиньков, О. Э. Разинькова и др. // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2020. – № 14. – С. 63-83.

8. Разинькова, О. Э. Модели идеальных проводников с осевой симметрией во внешнем нестационарном электромагнитном поле / О. Э. Разинькова // Воздушно-космические силы: теория и практика. – 2021. – № 18. – С. 120-131.

9. Кашин, В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.

10. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288с.

11. Неганов, В. А. Физическая регуляризация некорректных задач электродинамики: линии передачи, антенны, дифракция электромагнитных волн / В. А. Неганов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008. – 432 с.

12. Разиньков, С. Н. Синтез нулей диаграмм направленности резонансных и диапазонных антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский, М. Ю. Лукин // Радиотехника. – 2017. – № 12. – С. 44-51.

13. Разиньков, С. Н. Направленные свойства решеток вибраторов, возбуждаемых сверхширокополосными квазирадиосигналами / С. Н. Разиньков // Радиотехника. – 2008. – № 6. – С. 97-101.

14. Попова, О. Э. Коэффициенты усиления решеток сверхширокополосных вибраторов, возбуждаемых радиосигналами с прямоугольной и гауссовской огибающими / О. Э. Попова, С. Н. Разиньков // Нелинейный мир. – 2008. – Т. 6. – № 11-12. – С. 718-726.

15. Мануилов, Б. Д. Оптимизация векторных диаграмм направленности моноимпульсных антенных решеток с совместным формированием лучей / Б. Д. Мануилов, П. Н. Башлы // Антенны. – 2004. – № 2 (81). – С. 51-58.

Численный анализ эффективной площади рассеяния беспилотного летательного аппарата самолетного типа

С. Н. Разиньков[1], email: razinkovsergey@rambler.ru
А. В. Богословский[1], email: bogosandrej@yandex.ru
Д. Н. Борисов[2], email: borisov@sc.vsu.ru

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *С использованием системы построения 3D-моделей SolidWorks создана объемная цифровая модель и по результатам численного решения краевых задач электродинамики в компьютерной системе Altair FEKO исследована эффективная площадь рассеяния средневысотного беспилотного летательного аппарата «Anka-I». Выявлены закономерности изменения его отражательных свойств в диапазоне частот при различных ракурсах наблюдения.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, система автоматизированного проектирования, электродинамический анализ, эффективная площадь рассеяния.*

Введение

Современный этап развития технологий вооруженной борьбы [1, 2] характеризуется внедрением разведывательно-ударных комплексов на беспилотных летательных аппаратах (БЛА) самолетного типа [3, 4]. За счет исполнения из композитных материалов [5] комплексы обладают малой фоновой контрастностью [3, 5], затрудняющей их своевременное обнаружение и распознавание средствами дистанционного мониторинга воздушного пространства. Вследствие высокой мобильности носителей самолетного типа, превышающей показатели, характерные для наземной техники и вертолетных авиационных платформ, достигается быстрый перенос усилий по анализу обстановки в заданные районы [2, 3].

Наибольшая результативность выполнения функциональных задач при действиях воздушных группировок в военных конфликтах XXI века продемонстрирована средневысотными БЛА «Anka-I» (Турция) [1, 3, 4]. Успешное применение указанных носителей обусловлено тем, что наряду с высокими маневренными свойствами [4] они характеризуются малыми эффективными площадями рассеяния (ЭПР), не позволяющими выявлять

© Разиньков С. Н., Богословский А. В., Борисов Д. Н., 2022

демаскирующие признаки на дальностях, установленных для захвата на сопровождение и огневого поражения [2].

Таким образом, для повышения надежности контроля воздушного пространства и наращивания ресурса борьбы с воздушным противником особое значение приобретают вопросы оценки фоновой контрастности БЛА.

Рациональные способы определения ЭПР объектов базируются на процедурах электродинамического моделирования. Такой подход имеет существенное преимущество перед натурными испытаниями [6] ввиду более низких материальных и временных затрат, обусловленных отсутствием необходимости изготовления опытных образцов (макетов) изделий. Кроме того, при оценке радиолокационной заметности БЛА иностранного производства путем выполнения серии компьютерных экспериментов с различными наборами электрофизических параметров отражательных поверхностей парируется отсутствие достоверной и полной информации о материалах, используемых при конструировании.

В предлагаемой работе с применением системы построения 3D-моделей SolidWorks и компьютерной программы электродинамического моделирования и численного анализа электромагнитного поля объектов Altair FEKO исследованы моностатические ЭПР БЛА самолетного типа «Anka-I».

Цель работы – анализ отражательных свойств БЛА «Anka-I» в диапазонах частот и секторах углов наблюдения.

1. Компьютерная модель БЛА самолетного типа «Anka-I»

Анализ ЭПР БЛА «Anka-I» проводился для образца серийного производства в виде высокоплана с V-образным хвостовым оперением, выпускаемого аэрокосмической компанией Turkish Aerospace Industries, с 2010 года и обладающего следующими параметрами конструкции [3]:

– длина фюзеляжа – 8,6 м;
– размах крыла – 17,5 м;
– высота (при убирающемся трехколесном шасси) – 3,25 м;
– угол при хвостовом оперении – 100°;
– силовая установка – дизельный двигатель внутреннего сгорания с двойным турбонаддувом TEI-PD170 [3] и трехлопастным толкающим винтом.

Фюзеляж выполнен из радиопрозрачных композитных материалов [2] и содержит электроимпульсную систему антиобледенения и систему управления полетом с двойным резервированием [5].

С использованием системы построения 3D-моделей SolidWorks [6] с активизированными пакетами инструментов для кинематического и структурного анализа и проектирования изделий разработана объемная

полноразмерная цифровая модель БЛА «Anka-I», вид которой приведен на рис. 1. Основу цифровой модели объекта составляет нормальная аэродинамическая нормальная схема воздушного судна самолетного типа при фацетном представлении поверхности корпуса.

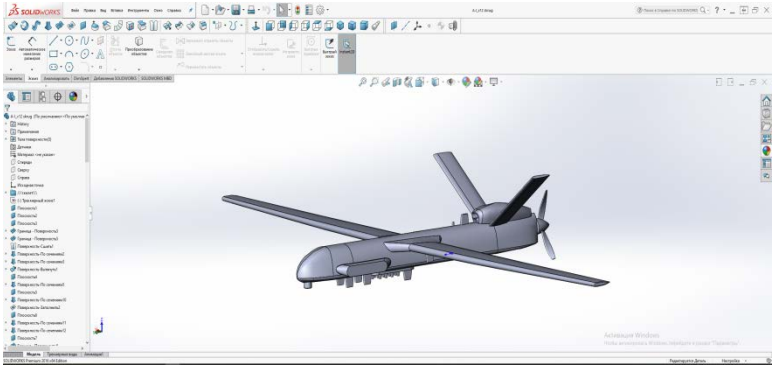


Рис. 1. 3D-модель БЛА «Anka-I» в SolidWorks

Разработка модели БЛА включала последовательные операции по созданию объемных деталей в виде частных трехмерных электронных моделей и их компоновки в единую структуру, согласно установленной проектной схеме.

В соответствии с объектно-ориентированным подходом [7] данные цифрового формата для модельного представления БЛА из SolidWorks транслированы в графическое ядро программы электродинамического моделирования Altair FEKO [7].

В пакете Altair FEKO на основе метода моментов решены краевые задачи возбуждения поверхностных токов фрагментов корпусов и с применением методов геометрической и физической оптики и быстрого мультипольного метода [6, 7] найдены поляризационные компоненты электрического поля в дальней зоне БЛА в виде суперпозиции полей элементарных площадок корпуса. Краевые задачи для поверхностных токов представлены системами интегральных уравнений Фредгольма второго рода в границах расчетных областей с тензорными функциями Грина [7]. При аппроксимации и нахождении весовых коэффициентов распределения токов поверхности БЛА с криволинейными профилями представлялись наборами элементарных площадок треугольной формы. Компоненты поля, рассеиваемого объектом, вычислялись путем интегрирования произведений распределения поверхностных токов и функций элементарных источников по областям дискретизации.

Расчет ЭПР в диапазоне частот 5,2…5,5 ГГц выполнялся при покрытии корпуса БЛА аппроксимирующей сеткой из 44561 элемента со средней длинной стороны треугольника 0,05 см. Вид сетки представлен на рис. 2.

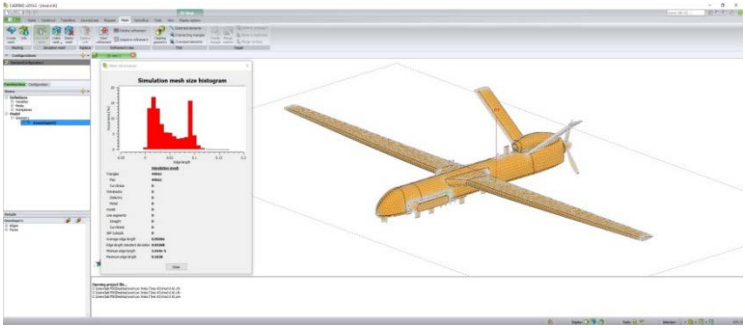


Рис. 2. Сетка разбиения поверхности БЛА «Anka-I» в программе электродинамического моделирования Altair FEKO

2. Анализ отражательных свойств БЛА «Anka-I»

На рис. 3 приведена диаграмма рассеяния БЛА самолетного типа «Anka-I» в полярной системе координат, полученная при облучении с направления 120° плоской электромагнитной волной с линейной поляризацией и частотой $f = 5{,}2$ ГГц. На рис. 4 представлено трехмерное распределение ЭПР объекта.

Расчеты выполнены на электронно-вычислительном средстве с 8-ядерным процессором Intel Core i7-10700K с частотой 3,8 ГГц и оперативной памятью объемом 32 Гб.

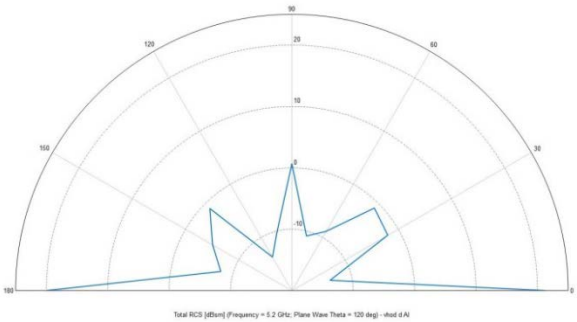


Рис. 3. Диаграмма рассеяния БЛА самолетного типа «Anka-I»

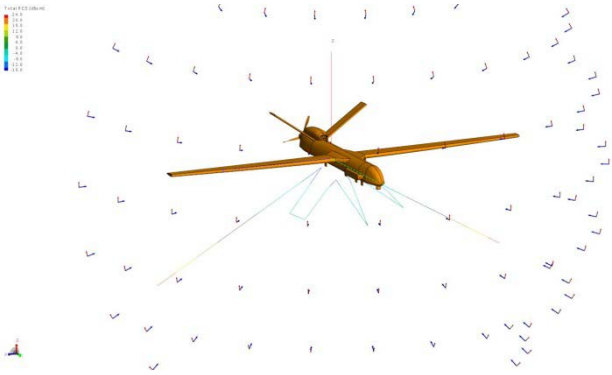


Рис. 4. Трехмерное распределение ЭПР БЛА «Anka-I»

В таблице приведены значения ЭПР исследуемого БЛА при различных углах облучения в диапазоне частот 5,2…5,5 ГГц.

Таблица

Значения ЭПР БЛА самолетного типа «Anka-I»

Частота, ГГц	Величина ЭПР, м^2				
	$\theta = 0°$	$\theta = 45°$	$\theta = 90°$	$\theta = 135°$	$\theta = 180°$
5,2	0,81	0,0515	0,2	0,0025	0,242
5,3	0,58	0,036	0,088	0,0011	0,275
5,4	0,72	0,04	0,085	0,0034	0,224
5,5	0,0011	0,057	0,12	0,0046	0,421

Из представленных результатов следует, что максимальная ЭПР БЛА «Anka-I», равная 0,81 м^2, достигается на частоте $f = 5{,}2$ ГГц в направлении $\theta = 0°$. При облучении плоскими электромагнитными волнами с частотами $f = 5{,}2$ ГГц, 5,4 ГГц и 5,5 ГГц значения ЭПР БЛА не превышают 0,58 м^2, 0,72 м^2 и 0,12 м^2 соответственно. Локальные максимумы зависимостей моностатических ЭПР от угла прихода волны наблюдаются в направлениях ориентации продольной и поперечной аэродинамических балок БЛА. При этом наличие силовой установки со значительными габаритами и хвостового оперения с соединениями в форме уголковых отражателей, являющихся доминирующими центрами вторичного электромагнитного излучения, в различных частях корпуса нарушают симметрию распределения ЭПР БЛА по углам облучения в передней и задней полусферах.

Заключение

С использованием программы SolidWorks построена цифровая 3D-модель и по результатам численного решения краевых задач в системе Altair FEKO на электронно-вычислительном средстве с процессором Intel Core i7-10700K исследованы зависимости ЭПР средневысотного БЛА самолетного типа «Anka-I». Выявлены закономерности изменения его отражательных свойств в диапазоне частот при различных ракурсах наблюдения. Показано, что максимальные значения ЭПР объекта в диапазоне частот 5,2…5,5 ГГц лежат в пределах 0,12…0,81 м^2.

Полученные результаты позволяют оценить показатели скрытности применения БЛА и могут использоваться для обоснования направлений совершенствования систем контроля воздушного пространства.

Список литературы

1. Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, Ливии и Нагорном Карабахе / Е. А. Афонин, С. И. Макаренко, С. В. Петров [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 4. – С. 163-191.
2. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. – Ч. 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко // Системы управления, связи и безопасности, 2020. – № 1. – С. 109-146.
3. Ростопчин, В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния / В. В. Ростопчин // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.vpk-news.ru/articles/57318
4. Турецкая аэрокосмическая промышленность // Anka product page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tusas.com
5. Управление и наведение беспилотных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. Н. М. Красильщикова и Г. Г. Себрякова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 280 с.
6. Сотников, Н. Н. Основы моделирования в SolidWorks : учебное пособие / Н. Н. Сотников, Д. М. Кобзарь. – Томск : Изд-во Томского государственного политехнического университета, 2013. – 129 с.
7. Банков, С. Е. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ структур с использованием FEKO / С. Е. Банков, А. Н. Грибанов, А. А. Курушин. – М. : One-Book, 2013. – 423 с.

Вопросы разработки программно-алгоритмических средств проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочных машин

А. Р. Рузикулов, email: rarshef@mail.ru
Ш. А. Ахмедов, email: sheran1@mail.ru

ООО «Конструкторско-технологический центр сельхозмашиностроения»

Аннотация. *В данной работе рассмотрены методы расчета параметров для проверки работоспособности усилителей рулевого управления, являющейся неотъемлемой частью процесса проектирования и исполнения управляемой оси хлопкоуборочной машины. Предложен алгоритм расчета параметров для оценки работоспособности усилителей рулевого управления, описаны программные средства, представляющие результаты расчета для сравнительного анализа гидроцилиндров и поддержки принятия решений.*

Ключевые слова: *хлопкоуборочная машина, управляемая ось, компоновка направляющего моста, усилители рулевого управления, гидроцилиндры, алгоритм, программные средства.*

Введение

Современные тенденции развития сельскохозяйственного производства основываются на широком использовании высокопроизводительной техники и энергосберегающих технологий. Основными направлениями повышения производительности являются улучшение динамических характеристик, расширение диапазона работоспособности и контроль режимными и эксплуатационными параметрами хлопкоуборочных машин. При этом немаловажное значение имеет решение проблемы, связанной с управляемостью задней управляемой оси хлопкоуборочной машины. Данная проблема влияет на процесс управления хлопкоуборочной машиной на поворотах или разворотах, а также на производительность машины и надежность ее механизмов и частей.

Рабочей группой ООО «Узбекский конструкторско-технологический центр сельхозмашиностроения» велись работы по совершенствованию конструкции управляемой оси хлопкоуборочной машины МХ-1,8. Предложена новая модернизированная компоновка направляющего моста, которая должна быть апробирована с целью

© Рузикулов А. Р., Ахмедов Ш. А., 2022

улучшения динамических характеристик, расширения диапазона работоспособности и контроля режимными и эксплуатационными параметрами хлопкоуборочных машин.

Для этого необходимо было решение следующих задач:

– расчет и оценка статической прочности балки заднего моста при экстремальных рабочих условиях;

– расчет и проверка оси заднего колеса (расчет нагрузок, действующих на ось заднего колеса при экстремальных рабочих условиях; расчет на статическую прочность оси заднего колеса; проверочный расчет статической прочности и долговечности подшипников оси заднего колеса);

– проверка работоспособности усилителей рулевого управления.

В работах [1-2] приведены результаты программно-алгоритмической реализации задач экспериментального исследования некоторых конструктивных элементов управляемых осей хлопкоуборочной машины и принятия рационального технического решения по ее конструкции и механизмов.

1. Расчет параметров для проверки работоспособности усилителей рулевого управления

Рулевое управление хлопкоуборочной машины состоит из рулевого механизма, рулевого привода и усилителей. Поворот двух направляющих задних колес хлопкоуборочной машины выполняют при помощи механизма рулевой трапеции с одной поперечной тягой. Механизм поворота обеспечивает высокую маневренность хлопко-уборочной машины при всех условиях эксплуатации, не допускает проскальзывания управляемых колес, обеспечивает устойчивое прямолинейное движение, качение колес с минимальной затратой мощности, минимальный износ шин.

Выход из глубокой колеи или борозды затрудняет управление, резко увеличивая сопротивление повороту хлопкоуборочной машины. Для облегчения управления хлопкоуборочной машины в тяжелых условиях эксплуатации и поглощения ударов при наезде на препятствие машина снабжен гидравлическим усилителем рулевого управления.

Для расчета параметров и оценки вариантов рулевого управления необходимо учесть то, что на базе какого трактора выполняется хлопкоуборочная машина и компоновки силовых гидроцилиндров, установленных на хлопкоуборочной машине [3-9].

Рассмотрим возможность поворота хлопкоуборочной машины с задними управляемыми и передними ведущими колесами (рис. 1).

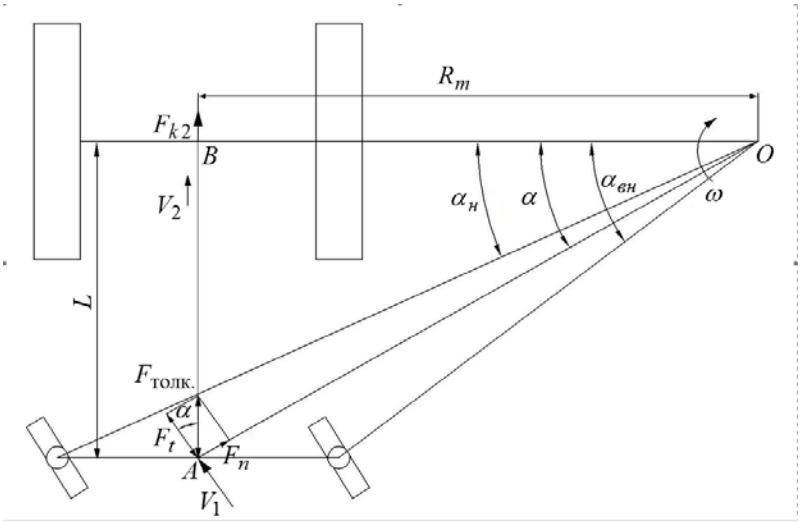


Рис. 1. Хлопкоуборочная машина на базе трактора

ТТЗ LS100 НС $\sin\alpha \cdot |OA| = L$; $|OA| = \dfrac{L}{\sin\alpha}$;

$$R_m = \cos\alpha \cdot |OA| = arctg\alpha \cdot L$$

Касательная сила тяги переднего моста F_{k2} приложена в точке B – середине переднего моста и направлена вдоль продольной оси трактора. Управляемые колеса заднего моста, повернутые на средний угол α, перемещаются под действием толкающей силы $F_{толк.}$, передаваемой мосту от остова трактора. Толкающая сила приложена в точке A – середине заднего моста и действует вдоль продольной оси трактора.

Сила $F_{толк.}$ раскладывается на две составляющие: силу $F_t = F_{толк.} \cdot \cos\alpha$, направленную под углом α к продольной оси трактора, и силу $F_n = F_{толк.} \cdot \sin\alpha$, перпендикулярную силе F_t.

Для того, чтобы управляемые ведомые колеса перемещались в плоскости вращения, толкающая сила не должна быть больше силы их сцепления с опорной поверхностью

$$F_{толк.} \le \phi \cdot G_k \text{ или } \sqrt{F_t^2 + F_n^2} \le \phi \cdot G_k ,$$

где ϕ – коэффициент сцепления колеса с почвой; G_k – нагрузка на задние колеса.

В остальных случаях жесткие в боковом направлении колеса будут перемещаться не в плоскости вращения. Чтобы колесо в плоскости вращения перемещалось без скольжения, тангенциальная составляющая толкающей силы должна быть больше или равной силе сопротивления качению, т. е. $F_t \geq F_{conp.}$. Подставляя значения сил, получим $\phi \cdot G_k \geq f \cdot G_k$.

Откуда находим условие качения управляемого колеса в плоскости его вращения

$$\cos\alpha \geq \frac{f}{\phi}. \qquad (1)$$

При ухудшении почвенно-дорожных условий увеличивается коэффициент сопротивления качению f и уменьшается коэффициент сцепления ϕ, что приводит к увеличению правой части неравенства. Следовательно, в этом случае уменьшается допустимый угол поворота ведомого управляемого колеса, при котором еще возможно качение колеса в плоскости его вращения без скольжения.

Поворот хлопкоуборочной машины производится изменением положения направляющих колес в горизонтальной плоскости относительно остова трактора.

Поворачивающий момент, необходимый для изменения направления движения хлопкоуборочной машины, создается за счет боковой реакции почвы, возникающей при повороте направляющих колес.

Момент сопротивления повороту управляемых колес определяется по формуле

$$M_{nc} = \frac{\phi}{3} \cdot \sqrt{\frac{G_k^3}{p}}, \qquad (2)$$

где ϕ – коэффициент сопротивления повороту колес; G_k – нагрузка, приходящаяся на управляемые колеса; p – давление воздуха в шинах.

Усилителем рулевого управления на хлопкоуборочной машине служат два гидроцилиндра, которые крепятся одним концом к балке оси задних колес, а другим концом к поворотному рычагу направляющих колес. Схема установки гидроцилиндров примени-тельно МХ-1,8 показана на рис. 2-3. Точка k_0 соответствует прямолинейному движению агрегата. Конец штока гидроцилиндра движется по окружности радиуса h. Рассматривается произвольная точка Д, расположенная на окружности. Д – место крепления штока гидроцилиндра к поворотному рычагу.

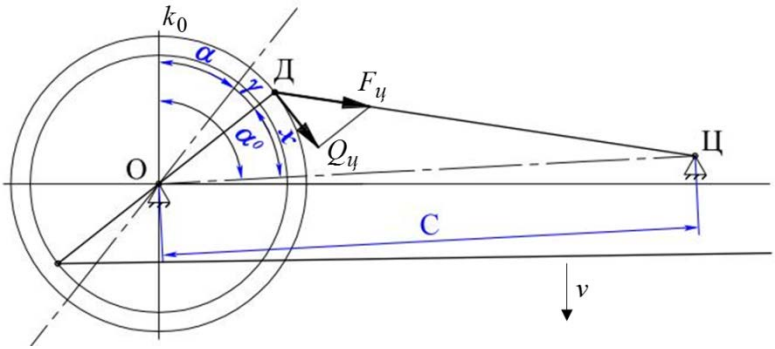


Рис. 2. Работа минимальной площади поршня гидроцилиндра ($|ЦД| \le C$)

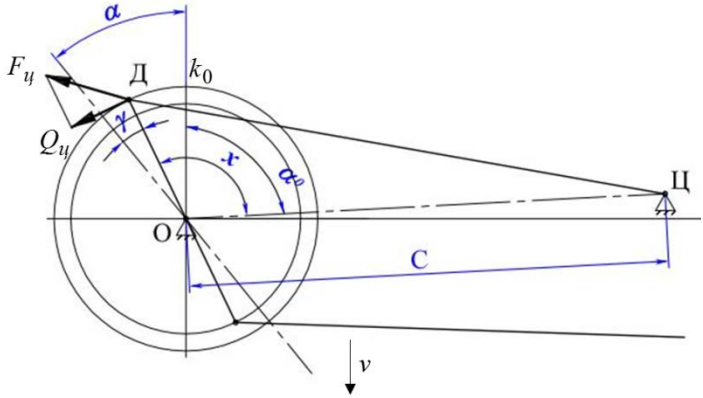


Рис. 3. Работа максимальной площади ($|ЦД| \ge C$)

Когда угол α меняется в пределах $0° \le \alpha \le 38{,}15°$ поршень гидроцилиндра задвигается и работает минимальная площадь

$$f_{min} = \frac{\pi \cdot (d_н^2 - d_{вн}^2)}{4}$$

При этом усилие, развиваемое гидроцилиндром

$$F_{цз} = p_ц \cdot f_{min}.$$

Когда угол α меняется в пределах $-52{,}14° \le \alpha \le 0°$ поршень гидроцилиндра выдвигается и работает максимальная площадь

$$f_{max} = \frac{\pi \cdot (d_н^2)}{4},$$

Усилие, развиваемое гидроцилиндром

$$F_{цв} = p_ц \cdot f_{max}.$$

Крутящий момент относительно оси шкворня, создаваемый гидроцилиндром при повороте колеса

$$M_ц = Q_ц \cdot h, \quad Q_ц = F_ц \cdot \sin\gamma.$$

Угол γ определяется из $\Delta ЦДО$:

$$|ЦО| = C; \quad \alpha_0 = 90°; \quad \gamma = 13{,}07°;$$

$$x = \alpha_0 - (\alpha + \gamma); \quad \sin(\gamma + 90) = C \cdot \sin(x) / L.$$

Условие, при котором обеспечивается работоспособность гидроцилиндров

$$M_ц > M_{пс} \qquad (3)$$

2. Алгоритм решения задачи

Алгоритма расчета параметров по проверке работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочной машины можно описать с помощью следующих блоков.

1. Формирование и ввод исходных данных для расчета параметров: марка тракторного агрегата; база – L (мм); колея колес – B (мм); вес, приходящийся на задние колеса – G_2 (Н, кгс); шины направляющих колес; статический радиус шины заднего колеса – r_2 (мм); наружный диаметр шины – D (мм); ширина профиля шины – b (мм); грузоподъемность шины – $G_{гр.}$ (кгс); давление в шине – p ($кгс/мм^2$); значение коэффициента сцепления с почвой – ϕ_c (на мокрой стерне $\phi_c = \phi_{min} = 0{,}5$); максимальный коэффициент сопротивления качению – f_{Kmax} (на мокрой стерне f_{Kmax}); значение коэффициента сопротивления повороту колес – ϕ.

2. Ввод исходных данных по применяемым гидроцилиндрам: рабочая длина гидроцилиндра при повороте – L_α (при α_{min} и α_{max}, мм); рабочая длина гидроцилиндра в прямолинейном движении – C (мм); рабочая длина гидроцилиндра при $\alpha = 0$ – L_0 (мм); радиус движения штока гидроцилиндра – h (мм); максимальный угол поворота наружного (α_{max}, град.) и внутреннего (α_{min}, град.) колеса; наружный диаметр поршня – $d_н$ (мм); внутренний диаметр штока поршня – $d_{вн}$ (мм);

давление масла в гидроцилиндре – $p_ц$ ($кгс/мм^2$); значение шага расчета – $\Delta\alpha$ (град.).

3. Расчет $\alpha_{ср} = (\alpha_{max} - \alpha_{min})/2$ и проверка выполнения условия по формуле (1).

4. Рассмотреть угол поворота внутреннего колеса $\alpha_{1i} = \alpha_{min}$ (град.), $i = 1$. Определить угол поворота α_{2i}.

5. Определение момента сопротивления повороту управляемых колес по формуле (2).

6. Если $\alpha_{1i} \le 0$, то расчет максимальной площади работы гидроцилиндра по формуле $f_{max} = \frac{\pi \cdot (d_н^2)}{4}$ ($мм^2$) и усилия $F_{цв_{1i}} = p_ц \cdot f_{max}$ (кгс), развиваемое гидроцилиндром, в противном случае – минимальной площади $f_{min} = \frac{\pi \cdot (d_н^2 - d_{вн}^2)}{4}$ ($мм^2$) и $F_{цз_{1i}} = p_ц \cdot f_{min} a$ (кгс). Выполнить эти расчеты и для α_{2i}.

7. Определение угла $x = \alpha_0 - (\alpha + \gamma)$ (град.) и определение угла γ из соотношения: $(\gamma + 90) = \arcsin(C \cdot (\sin(x)/L)$ (град.) для $\alpha = \alpha_{1i}$ и $\alpha = \alpha_{2i}$.

8. Расчет усилий, создаваемый гидроцилиндрами при повороте колеса $Q_{цз_{1i}} = F_{цз_{1i}} \cdot \sin\gamma$ и $Q_{цв_{1i}} = F_{цв_{1i}} \cdot \sin\gamma$ для $\gamma = \gamma_{1i}$ и $\gamma = \gamma_{1i}$.

9. Расчет крутящего момента относительно оси шкворня, создаваемый гидроцилиндрами при повороте колеса $M_{цз} = Q_{цз} \cdot h$ и $M_{цв} = Q_{цв} \cdot h$ для $Q_{цв} = Q_{цв_{1i}}$ и $Q_{цв} = Q_{цв_{2i}}$; $Q_{цз} = Q_{цз_{1i}}$ и $Q_{цз} = Q_{цз_{2i}}$.

10. Определение крутящего момента, создаваемое двумя гидроцилиндрами: $M_{цi} = M_{ц1i} + M_{ц2i}$ (кгс·мм).

11. Проверка выполнения условия по формуле (3).

12. Если $\alpha_{1i} > \alpha_{\max}$, то переход к следующему блоку, в противном случае принимать $\alpha_{1i} = \alpha_{1i} + \Delta\alpha$, определение α_{2i} и переход к блоку 3.

13. Представление результатов расчета поворота агрегата, по обеспечению работоспособности гидроцилиндров. Экспорт исходных данных и полученных результатов в рабочую книгу MS Excel по усмотрению проектировщика.

14. Переход к блоку 1 для продолжения расчетов.

3. Программная реализация алгоритма

Программные средства реализованы в составе комплекса программ «Расчет конструктивных и динамических параметров для оценки работоспособности управляемой оси хлопкоуборочной машины в экстремальных условиях». Для проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочной машины в программном комплексе предусмотрена команда «Проверка усилителей рулевого управления» пункта меню «Расчет». При этом представляется диалоговое окно (рис. 4). В окне представляются поля ввода данных, описывающие характеристики трактора и агрегата, а также гидроцилиндров, принятых алгоритмом решения задачи. Для числовых полей обеспечивается контроль целостности данных, для полей соответствующих коэффициентам – ограничения на их минимальные и максимальные значения.

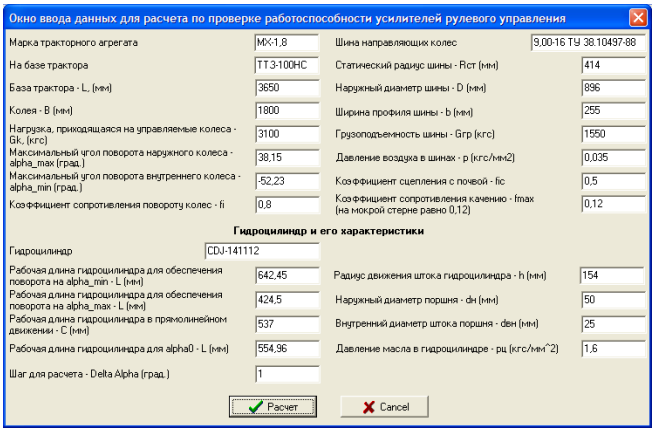


Рис. 4. Окно ввода данных для расчета параметров по проверке работоспособности усилителей рулевого управления

С использованием кнопки «Расчет» можно перейти к окну: «Результаты расчета по проверке работоспособности усилителей рулевого управления». В верхней части этого окна представляются значения: среднего угла поворота управляемых колес; условии качения управляемого колеса в плоскости ее вращения, момента сопротивления управляемых колес, рассчитываемых по соответствующим формулам.

В табличном виде представляются значения вычисляемых параметров, соответствующих углам поворота внутреннего $\alpha_{1i}(\alpha_{1i} = \alpha_{1i-1} + \Delta\alpha,\ \alpha_{10} = -52,33°)$ и $\alpha_{2i}(\alpha_{2i} = \alpha_{2i-1} + \Delta\alpha,\ \alpha_{20} = 38,15°)$

внешнего колес. В таблице представляются значения параметров: правой части условии качения управляемого колеса в плоскости ее вращения; площади работы поршня гидроцилиндра; усилие, развиваемое гидроцилиндром; рабочей длины, угла поворота и приращения угла поворота колес I и II гидроцилиндра для обеспечения поворота колес на α_{1i}, α_{2i} соответственно, сил и крутящих моментов, создаваемых гидроцилиндрами, а также результаты по выполнению условия $M_{ц_{\min}} > M_{пс}$.

В этом окне предусмотрена возможность представления результатов по выполнению правой части условия качения и условии $M_{ц_{\min}} > M_{пс}$ при углах поворота α_{1i}, α_{2i} внутреннего и внешнего колес. Предусмотрена возможность экспорта исходных данных, параметров вычисления и результатов расчетов в рабочую книгу MS Excel.

Предложенными программно-алгоритмическими средствами обеспечиваются проверка работоспособности усилителей рулевого управления, предназначенные провести вычислительный эксперимент с использованием различных гидроцилиндров для агрегата, а также с вариацией исходных данных в целях принятия наиболее рациональных решений путем сравнительного анализа комплекса рассчитываемых параметров при возможном диапазоне углах поворота колес.

Программно-алгоритмические средства могут быть использованы для различных хлопкоуборочных машин на базе различных тракторов, позволяя оценить работоспособность усилителей рулевого управления и поддержки принятия решений по выбору наиболее подходящего варианта исполнения.

Список литературы

1. Рузикулов, А. Р. Программно-алгоритмические средства расчета конструктивных и динамических параметров управляемых осей технологических машин для оценки их работоспособности / А. Р. Рузикулов, Ш. А. Ахмедов // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Том 5. – Воронеж, Издательство «Научно-исследовательские публикации», ООО «Вэлборн». 2018. –С. 207-212.

2. Рузикулов, А. Р. Программно-алгоритмическая реализация задачи расчета оси заднего колеса хлопкоуборочной машины / А. Р. Рузикулов, Ш. А. Ахмедов // Доклады Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении» (Самарканд, 5-6 сентября 2019 г.). – Ташкент, 2019. –С. 95-100.

3. Анилович, В. Я., Водолажченко, Ю. Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справочное пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. –М., «Машиностроение», 1976. –455 с.

4. Барский, И. Б. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и тракторы». –3-е изд. перераб. и доп. –М., «Машиностроение», 1980. –335 с.

5. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.

6. Васильченко, В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. –М., «Машиностроение», 1983. –301 с.

7. Тракторы: Теория: Учебник для студентов по спец. «Автомобили и тракторы» / В. В. Гуськов [и др]. Под общ. ред. В. В. Гуськова. –М.: «Машиностроение», 1988. –376 с.

8. Иванов, М. Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. –М.: «Высшая школа», 2008. –408 с.

9. Смирнов, Г. А. Теория движения колесных машин: Учеб. для студентов машиност. спец. вузов. – 2 изд., доп. и перераб. – Москва: «Машиностроение», – 1990. – 352 с.: ил.

Вопросы обеспечения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи в условиях радиоэлектронного конфликта

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru
А. Е. Алексеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье на основе предложенной модели функционирования системы управления авиацией в условиях радиоэлектронного конфликта проведен анализ факторов, влияющих на помехоустойчивость систем авиационной радиосвязи, позволяющий выработать основные направления и способы ее повышения.*

Ключевые слова: *система авиационной радиосвязи, помехоустойчивость, помехозащищенность, электромагнитная совместимость, радиоэлектронное противодействие, радиоподавление.*

Введение

Развитие военной авиации идет по пути создания перспективных авиационных комплексов с расширенными боевыми возможностями, в том числе по применению высокоточного оружия. Это, в свою очередь, ведет к увеличению объема информации, циркулирующей в контуре управления авиацией, и направленной на решение большого количества задач (управления воздушным движением, навигации, разведки, наведения и др.). В этих условиях устойчивость управления во многом зависит от эффективности системы связи, под которой следует понимать способность выполнять задачи по доставке и обработке информации с требуемым качеством в заданных условиях обстановки [1].

Опыт современных вооруженных конфликтов показывает, что эффективность системы военной связи в условиях применения противоборствующей стороной средств радио- и радиотехнической разведки (РРТР), средств радиоэлектронного противодействия (РЭП) зависит от ряда свойств, отвечающих требованиям системы управления по своевременной, достоверной и безопасной передаче информации, важнейшими из которых являются помехоустойчивость и разведзащищенность [1].

© Рябов А. В., Алексеев А. Е., 2022

Обеспечение эффективного управления современными авиационными комплексами требует применения большого количества средств радиосвязи, радионавигации, радиолокации и др., сконцентрированных на ограниченной территории и являющихся источниками радиоизлучений. Данные источники радиоизлучений, с одной стороны, являются источниками непреднамеренных помех другим радиоэлектронным средствам (РЭС), что требует принятия организационных и технических мер по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). С другой стороны, указанные источники радиоизлучений обладают характерным набором демаскирующих признаков, снижающих разведывательную защищенность системы связи и повышающие вероятность ее вскрытия средствами РРТР противника.

Вскрытие системы связи эквивалентно вскрытию системы управления и влечет за собой принятие решения противоборствующей стороной на применение средств огневого или радиоэлектронного подавления элементов системы связи с целью дезорганизации управления авиацией.

Таким образом, функционирование системы управления авиаций, в том числе в боевой обстановке, осуществляется в условиях радиоэлектронного конфликта, что требует анализа факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи и разработки методов ее повышения.

1. Модель функционирования системы управления авиаций в условиях радиоэлектронного конфликта

Для проведения всестороннего анализа факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи рассмотрим упрощенную модель функционирования системы управления авиаций в условиях радиоэлектронного конфликта, представленную на рис. 1.

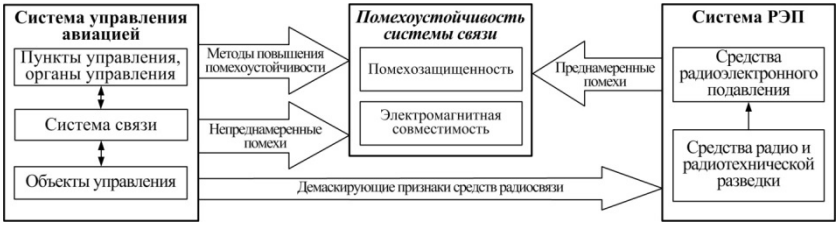


Рис. 1. Модель функционирования системы управления авиаций в условиях радиоэлектронного конфликта

Под радиоэлектронным конфликтом будем понимать антагонизм целей РЭС противоборствующих систем управлений, либо

отрицательное взаимное влияние РЭС обеспечивающих функционирование одной системы управления.

В условиях информационного противоборства различных систем управления, система связи и система РЭП решают противоположные задачи (рис.1). Система связи решает задачу устойчивого управления, в то время как система РЭП решает задачу по срыву управления.

При отсутствии целенаправленного воздействия на систему связи средств РЭП, ее элементы могут создавать недопустимые радиопомехи другим РЭС.

Качество функционирования системы связи в условиях радиоэлектронного конфликта характеризуется помехоустойчивостью, под которой понимают способность выполнять задачи по предназначению в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех. Составляющими помехоустойчивости являются помехозащищенность и электромагнитная совместимость (ЭМС) [1].

Необходимо отметить, что в условиях целенаправленного воздействия на систему авиационной радиосвязи и ее элементы средств радиоэлектронного подавления наибольший интерес представляют факторы, влияющие на помехозащищенность, под которой понимают ее способность выполнять задачи по предназначению в условиях радиоподавления при воздействии преднамеренных помех. При этом целью системы [1].

Радиоэлектронное противодействие предусматривает выполнение мероприятий в рамках двух последовательных этапов (рис. 1) [1]:

– этап РРТР средств радиосвязи и системы связи в целом;

– этап радиоэлектронного воздействия на средства радиосвязи путем постановки преднамеренных помех.

В этом случае максимизация помехоустойчивости системы связи должна основываться на снижении демаскирующих признаков источников радиоизлучения (ИР) и применении методов повышения помехоустойчивости, компенсирующих воздействие помех.

При отсутствии радиоэлектронного противодействия повышается интерес к факторам, влияющим на ЭМС, под которой понимают способность РЭС одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных помех и не создавать недопустимых радиопомех другим РЭС [2].

Таким образом, разработанная модель позволяет произвести всесторонний анализ факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи в условиях радиоэлектронного конфликта.

2. Факторы, влияющие на помехозащищенность системы авиационной радиосвязи

Воздействие на средства авиационной радиосвязи преднамеренных помех, обусловленных применением средств радиоэлектронного подавления, наблюдается, как правило, в течение ограниченного промежутка времени, но при этом обладает устойчивой повторяемостью. В этих условиях функционирование системы авиационной радиосвязи можно рассматривать как квазистационарный процесс, что позволяет для анализа и оценки ее помехозащищенности использовать математический аппарат статистической теории и теории надежности. При этом, оценку помехозащищенности системы авиационной радиосвязи можно осуществлять коэффициентом помехозащищенности, являющимся вероятностной величиной, зависящей от вероятности вскрытия системы радиосвязи системой РРТР и условной вероятности подавления системы радиосвязи (ее элементов) средствами РЭП [1]:

$$K_{пз} = 1 - P_{вскр} \cdot P_{под}. \quad (1)$$

где $P_{вскр}$ – вероятность – вскрытия; $P_{под}$ – условная вероятность подавления.

На этапе РРТР выполняется последовательный ряд мероприятий: обнаружение ИР; оценка параметров ИР; опознавание элементов системы связи и отождествление их с определенным звеном управления. Следовательно, вероятность вскрытия системы авиационной радиосвязи может быть найдена следующим образом:

$$P_{вскр} = P_{обн} \cdot P_{оц} \cdot P_{оп}, \quad (2)$$

где $P_{обн}$ – вероятность обнаружения источника ИР средствами РРТР; $P_{оц}$ и $P_{оп}$ – условные вероятности оценки характеристик радиосигналов ИР и опознавания по ним элементов средств радиосвязи средствами РРТР.

Вскрытие системы авиационной радиосвязи обеспечивает условия радиоэлектронного воздействия на ее элементы.

Целью радиоэлектронного подавления является создание условий, затрудняющих функционирование средств радиосвязи, приводящих к срыву выполнения задач по своевременной, достоверной и безопасной передаче информации и нарушению управления авиацией в целом.

Основным способом радиоэлектронного воздействия является постановка преднамеренных помех.

Эффективность постановки помех обусловлена полнотой информации о технических характеристиках подавляемых средств, выявленной на этапе РРТР и техническими характеристиками средств

радиоэлектронного подавления (станций помех). При этом, вероятность радиоэлектронного подавления Рпод системы авиационной радиосвязи может быть определена по формуле [1]:

$$P_{под} = P_{эп} \cdot P_{вп}, \quad (3)$$

где $P_{эп}$ – вероятность энергетического подавления, характеризуемая отношением энергетического потенциала станции помех и уровня полезного сигнала на входе подавляемого приемника; $P_{вп}$ – вероятность временного подавления, определяемая соотношением времени действия преднамеренной помехи и времени передачи полезной информации при совпадении (полном или частичном) этих временных интервалов.

Из выражений (1) – (3) следует, что помехозащищенность системы авиационной радиосвязи непосредственно зависит от разведзащищенности. Следовательно, факторы, снижающие разведзащищенность, одновременно снижают и помехозащищенность.

Как следует из опыта современных вооруженных конфликтов и локальных войн, потенциальный противник уделяет большое внимание развитию средств РРТР и РЭП, а также тактике их боевого применения [3-4]. Это требует совершенствования системы авиационной радиосвязи на основе повышения ее разведывательной защищенности и помехозащищенности, с учетом внешних и внутренних факторов, влияющих на эти свойства.

К внешним факторам, влияющим на помехозащищенность систем авиационной радиосвязи, относятся [3-4]:

– наличие у потенциального противника систем РРТР наземного, воздушного и космического базирования, способных обнаруживать ИР во всем диапазоне частот, используемом для авиационной радиосвязи на дальностях до 2-3 тысяч км – в диапазоне КВ и до 300-500 км – в диапазоне УКВ;

– наличие на вооружении потенциального противника средств РЭП, обеспечивающих подавление средств авиационной радиосвязи в диапазонах от 1,5 до 500 МГц;

– в состоящих на вооружении потенциального противника комплексах РЭП, как правило, применяются «заградительные» помехи, постановка которых не требует подробной оценки радиосигналов ИР, что минимизирует время реакции комплекса РЭП;

– в перспективных комплексах РЭП потенциального противника предполагается применение прицельных по структуре сигнала помехи для подавления широкополосных средств радиосвязи (например, использующих сигналы с ППРЧ);

– активное внедрение маломощных, высокомобильных средств РЭП;

– все более широкое использование авиационных комплексов с беспилотными летательными аппаратами для базирования средств РЭП;

– разработка средств РЭП космического базирования.

К внутренним факторам, снижающим помехозащищенность систем авиационной радиосвязи относятся следующие [1, 5]:

– большое количество состоящих на вооружении средств авиационной радиосвязи различных поколений, многие их которых не имеют современных развед- и помехоустойчивых протоколов радиосвязи;

– работа средств радиосвязи, в большинстве случаях, на фиксированных или медленно меняющихся частотах в известных, закрепленных нормативно диапазонах частот, энергетически доступных для средств РРТР и РЭП потенциального противника;

– широкое использование для авиационной радиосвязи узкополосных сигналов с большим количеством демаскирующих признаков;

– большие мощности излучения радиопередатчиков средств авиационной связи (десятки – сотни Вт – в диапазоне УКВ; сотни Вт – десятки кВт – в диапазоне КВ);

– слабые направленные свойства большинства антенн, используемых для авиационной радиосвязи;

– широкое применение в системах авиационной радиосвязи открытых каналов связи;

– отсутствие в системах авиационной радиосвязи эффективных технических средств зашиты от ретрансляции помех, их размножения;

– отсутствие в составе линий авиационной радиосвязи эффективных технических и аппаратно-программных средств, обеспечивающих своевременное обнаружения подавленных помехами участков связи, определение характера помех, источников их возникновения и своевременное отключение от сети пораженных помехами участков;

– отсутствие отработанных методик и инструкций по действиям личного состава подразделений связи и РТО в условиях действия средств РЭП противника;

– отсутствие утвержденной методики для сравнительной оценки помехозащищенности авиационных систем радиосвязи.

Таким образом, на помехозащищенность систем авиационной радиосвязи наибольшее влияние оказывают такие факторы, как технические характеристики средств радиосвязи, взаимное

расположение средств радиосвязи и средств РЭП, тактика использования средств радиосвязи, время их использования на излучение и т.д.

3. Факторы, влияющие на ЭМС системы авиационной радиосвязи

Широкое применение для управления авиацией РЭС различного назначения создает сложную радиоэлектронную обстановку в районе аэродрома, на пунктах управления (ПУ) авиацией, на борту летательного аппарата, что приводит к взаимным помехам и требует решения вопросов обеспечения их ЭМС.

Алгоритм оценки показателей ЭМС средств радиосвязи рассмотрен в работе [6]. Анализ результатов оценки показывает, что обеспечение ЭМС системы авиационной радиосвязи является сложной задачей, требующей учета различных факторов, основными из которых являются:

– ограниченная емкость и перегруженность радиочастотного диапазона, используемого для авиационной радиосвязи;

– постоянное увеличение количества РЭС, применяемых для управления авиацией, обеспечения безопасности полетов и других целей;

– большие уровни излучаемой мощности средств КВ радиосвязи, при близких оптимальных частотах радиосвязи, что повышает уровень станционных помех;

– наличие в передающих устройствах достаточно высоких уровней побочных излучений, а в приемных устройствах каналов побочного приема;

– большой уровень индустриальных помех при расположении аэродромов и ПУ вблизи промышленных центров и населенных пунктов с развитой инфраструктурой.

Обеспечение ЭМС РЭС достигается проведением ряда технических и организационных мероприятий.

Технические мероприятия проводятся в основном на этапах разработки РЭС и при их модернизации. Необходимость проведения организационных мероприятий связана с тем, что с помощью только технических мероприятий не всегда удается добиться полного исключения взаимных помех.

Таким образом, на электромагнитную совместимость систем авиационной радиосвязи наибольшее влияние оказывают такие факторы, как технические характеристики радиосредств, их количество и взаимное расположение в районе аэродрома и на пунктах управления авиацией, время их использования на излучение и т.д.

Заключение

Проведенный анализ факторов, влияющих на помехоустойчивость систем авиационной радиосвязи позволяет сделать следующие выводы.

Обеспечение требуемой помехоустойчивости системы авиационной радиосвязи возможно только на основе комплексного подхода, учитывающего все рассмотренные факторы, на основе применения перспективных, развед- и помехозащищенных протоколов радиосвязи, реализуемых в средствах радиосвязи, разработанных по SDR-технологии. При этом необходимы дальнейшие теоретические исследования направлений и способов повышения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи и практическое внедрение наиболее эффективных из них в практику боевой подготовки войск.

Одним из направлений повышения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи является разработка комплексных методов адаптации для построения автоматизированных сетей авиационной радиосвязи с адаптивным управлением структурным, алгоритмическим и параметрическим ресурсом.

Список литературы

1. Боговик, А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В.Игнатов – С.Пб.: ВАС, 2006. – 184 с.

2. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю. А. Феоктистов [и др.]; отв. ред. Ю. А. Феоктистов. – М.: Радио и связь, 1988. – 480 с.

3. Сидорин, А.Н. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих зарубежных государств. Информационно-аналитический сборник / А.Н. Сидоркин – М.: Воениздат, 2011. – 344 с.

4. Афинов, В.С. Состояние и перспективы развития средств РЭБ армии США / В.С. Афинов // Зарубежное военное обозрение. – 1989 – №5. – С. 27-29.

5. Рябов, А.В. Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи / А.В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 797-804.

Плоское напряженное состояние проушины, соединенной с жестким круглым включением

В. И. Ряжских, email: ryazhkih_vi@ mail.ru
А. В. Ряжских, email: ryazhkihav@ bk.ru
В. А. Рябцев, wlandrr@ yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе в вариационной формулировке рассмотрено плоское напряженное состояние тонкой пластины в форме проушины, соединенной с круглым жестким телом. Задача решается гибридным методом, использующим методы оптимизации, конечных элементов и конечных разностей. Исследуется симметричное воздействие и поэтому рассмотрена половина одной из частей, расположенной вблизи от отверстия.*

Ключевые слова: *плоское напряженное состояние, пластина, гибридный метод, метод оптимизации, метод конечных элементов, метод конечных разностей.*

Введение

В данной работе рассмотрено плоское напряженное состояние весьма распространенной в технике детали – плоской проушины, предназначенной для передачи сил на валы, оси и крепежные элементы машин и конструкций.

Пусть u, v перемещения вдоль осей системы координат x, y, а $u_{,x}, u_{,y}, u_{,y}, \upsilon_{,x}$ частные производные перемещений по переменным x и y. Пусть деформации и напряжения в точке определяются матрицами

$$\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \varepsilon_y & \varepsilon_{xy} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} u_{,x} & u_{,y} & u_{,y} + v_{,x} \end{bmatrix}^T, \quad \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \sigma_y & \tau_{xy} \end{bmatrix}^T \tag{1}$$

Пусть E, ν – модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пластины. Закон Гука для плоского напряженного состояния имеет вид

$$\hat{\boldsymbol{\sigma}} = \mathbf{D}\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \tag{2}$$

где

© Ряжских В. И, Ряжских А. В., Рябцев В. А, 2022

$$\mathbf{D} = e\begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5(1-\nu) \end{bmatrix}$$

- матрица упругости, $e = E/(1-\nu^2)$.

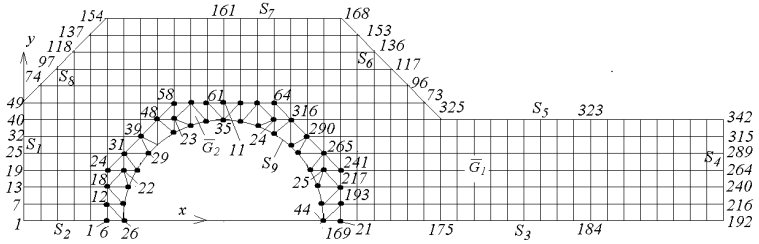


Рисунок. Расположение и нумерация узлов и областей.

Пусть $\overline{G}$ - область, занятая срединной плоскостью проушины в системе $x0y$ (рисунок) с границей S, G -открытое множество. Пусть жесткое включение неподвижно и при деформировании проушины контакт между ней и включением сохраняется. Тогда на границе отверстия S_9 перемещения отсутствуют. Внешние края проушины – границы S_1, S_5 - S_8 свободны. Правое сечение проушины S_4 получает заданное поступательное перемещение $u = u_0$.

Граничные условия, за исключением закрепленных точек на S_9, где $u = 0$, $v = 0$, имеют вид:

$$S_1 \quad \sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0; \tag{3}$$

$$S_2, S_3 \quad v = 0, \sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0; \tag{4}$$

$$S_4 \quad u = u_0, \quad \tau_{xy} = 0; \tag{5}$$

$$S_5, S_7 \quad \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 0. \tag{6}$$

Пусть $\sigma_\nu = \sigma_x \cos^2\phi + \sigma_y \sin^2\phi + 2\tau_{xy}\cos\phi\sin\phi$ и $\tau_\nu = (\sigma_y - \sigma_x)\cos\phi\sin\phi + \tau_{xy}\cos 2\phi$ – нормальное и касательное напряжения на границе; φ – угол между нормалью к границе и осью x. Тогда граничные условия на границах S_6 и S_8 примут вид:

$$S_6 \quad \sigma_\nu = 0,5(\sigma_x + \sigma_y + 2\tau_{xy}) = 0\,,\ \tau_\nu = 0,5(\sigma_y - \sigma_x) = 0\,; \tag{7}$$

$$S_8 \quad \sigma_\nu = 0,5(\sigma_x + \sigma_y - 2\tau_{xy}) = 0\,,\ \tau_\nu = 0,5(\sigma_x - \sigma_y) = 0\,. \tag{8}$$

Для получения граничных условий, выраженных через перемещения, используются очевидные соотношения

$$\sigma_x = e(u_{,x} + \nu v_{,y})\,,\quad \sigma_y = e(v_{,y} + \nu u_{,x})\,,\quad \tau_{xy} = 0,5e(1-\nu)(u_{,y} + v_{,x})\,. \tag{9}$$

Гибридный метод описан в [1]. Он заключается в использовании в решении задач методов оптимизации, конечных элементов и конечных разностей. Преимущество гибридного метода заключается в использовании в простых прямоугольных областях вместо конечно – элементных соотношений конечно – разностных соотношений. Это позволяет значительно экономить потребную память ЭВМ. Гибридный метод сочетает удобства и устраняет недостатки указанных методов (подробно в [1]), в частности позволяет при оптимизации не учитывать естественные граничные условия для искомых функций. Применительно к данной задаче этот метод заключается в разделении области $\overline{G}$ на несколько областей. Область $\overline{G}_1$ имеет сравнительно простую форму с границами, параллельными и перпендикулярными осям координат, а также в виде наклонных прямых линий, проходящих через узлы сетки. В такой области краевая задача аппроксимируется МКР. Область $\overline{G}_2$, примыкает к сложной части границы – отверстию и в ней для дискретизации уравнений задачи используются конечные элементы. Это позволяет, хотя бы приближенно, воспроизвести криволинейную часть границы $\overline{G}$, и избежать проблем, связанных с использованием фиктивных узлов сетки для формирования граничных условий. Область $\overline{G}_1$ может быть разбита на несколько более простых областей. Узлы КЭ на границе между $\overline{G}_1$ и $\overline{G}_2$ рекомендуется совмещать с узлами сетки.

На рисунке жирными точками указаны узлы КЭ. Общие узлы КЭ и сетки пронумерованы в порядке следования номеров узлов сетки. Эти же узлы с системе номеров узлов КЭ имеют номера от 1 до 21. Узлы с номерами 22-25 принадлежат только КЭ. Узлы КЭ с номерами 26-44 лежат на границе отверстия.

Полная энергия упругого деформирования проушины

$$U = 0.5\int_G h\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}^T \mathbf{D}\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} dF = U_1 + U_2\,, \tag{10}$$

где U_1, U_2 – энергии деформирования для частей пластины $\bar{G}_1$ и $\bar{G}_2$.

Область $\bar{G}_1$ заменяется системой l регулярно расположенных узлов с шагами h_x и h_y вдоль осей x и y, а производные перемещений в узлах $\bar{G}_1$ – широко известными конечно – разностными выражениями с точностью порядка h_x^2 или h_y^2. С учетом разностных выражений u_x и u_y получается $U_1(\breve{\mathbf{w}}_\mathbf{1}) \cong \tilde{U}_1(\breve{\mathbf{w}}_\mathbf{1}) = \breve{\mathbf{w}}_1^T \tilde{\mathbf{M}}_1 \breve{\mathbf{w}}_1$, где $\tilde{\mathbf{M}}_1$ - симметричная блочная матрица порядка $l \times l \times (2 \times 2)$ системы разностных уравнений, в которой неизвестными считаются величины перемещений всех узлов, покрывающих $\bar{G}_1$, в том числе и граничных и входящих в КЭ, $\breve{\mathbf{w}}_1$ - блочная матрица узловых перемещений порядка $l \times (2 \times 1)$.

Градиент $\tilde{U}_1$ в точке $\breve{\mathbf{w}}_\mathbf{1}$ определяется по формуле $grad(\tilde{U}_1) = 2\tilde{\mathbf{M}}_1 \breve{\mathbf{w}}_\mathbf{1}$.

Для вычисления U_2 МКЭ в области $\bar{G}_2$ используется простейший треугольный элемент с узлами в вершинах [3].

Если u_k $(k = i, j, m)$ – некоторое перемещение узлов КЭ с локальными номерами 1,2,3, соответствующими глобальным номерам узлов i, j, m, то перемещение точки КЭ с координатами x и y представляется в виде линейной по x и y функции $\tilde{\mathbf{u}} = \hat{\mathbf{N}}\hat{\mathbf{u}} = \left[N_1, N_2, N_3\right]^T \left[u_i, u_j, u_m\right]^T$, где $N_{(..)}$ - функции формы КЭ; $\hat{\mathbf{u}} = \left[u_1, u_2, u_3\right]^T$ – матрица – столбец соответствующих перемещений.

Если $\hat{\mathbf{w}} = \left[u_i \quad v_i \quad u_j \quad v_j \quad u_m \quad v_m\right]^T$ – матрица узловых перемещений, то деформация в пределах КЭ определяется матрицей [3]

$$\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \begin{bmatrix} N_{i,x} & 0 & N_{j,x} & 0 & N_{m,x} & 0 \\ 0 & N_{i,x} & 0 & N_{j,x} & 0 & N_{m,x} \\ N_{i,y} & N_{i,y} & N_{j,y} & N_{j,y} & N_{m,y} & N_{m,y} \end{bmatrix}^T \bar{\mathbf{w}} = \mathbf{B}\bar{\mathbf{w}}. \qquad (11)$$

Если p – номер КЭ, n – количество КЭ, а r - количество их узлов в $\bar{G}_2$, то при замене $\bar{G}_2$ системой КЭ U_2 заменяется функционалом

$$\tilde{U}_2 = 0.5\sum_{p=1}^{n} \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_p{}^T \tilde{\mathbf{D}}_p \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_p = 0.5\sum_{p=1}^{n} \hat{\mathbf{w}}_p{}^T \mathbf{B}_p^T \tilde{\mathbf{D}}_p \mathbf{B}_p \hat{\mathbf{w}}_p = 0.5\breve{\mathbf{w}}_2^T \tilde{\mathbf{M}}_2 \breve{\mathbf{w}}_2, \quad (12)$$

где $\breve{\mathbf{w}}_2$ – матрица узловых перемещений порядка $r \times (2 \times 1)$, $\tilde{\mathbf{M}}_2$-блочная матрица жесткости ансамбля КЭ порядка $r \times r \times (2 \times 2)$.

Градиент функционала $\tilde{U}_2$ в точке $\breve{\mathbf{w}}_2$ определяется выражением $grad(\tilde{U}_2) = 2\mathbf{M}_2\breve{\mathbf{w}}_2$.

Согласно [2], операторы U_1 и U_2 в $L_2(\bar{G}_1)$ $L_2(\bar{G}_2)$ положительны, а операторы $\tilde{U}_1 - \breve{\mathbf{p}}_1^T\breve{\mathbf{w}}_1$ и $\tilde{U}_2 - \breve{\mathbf{p}}_2^T\breve{\mathbf{w}}_2$ не являются знакоопределенными. Однако они имеют положительную вторую вариацию и, следовательно, единственные минимумы в своих областях определения.

Пусть k – общее количество узлов в $\bar{G}$, а $\mathbf{M}$, $\breve{\mathbf{w}}$ и $\breve{\mathbf{P}}$ – блочные симметричная матрица порядка $k \times k \times (2 \times 2)$ и матрицы порядка $k \times (2 \times 1)$ для всей области $\bar{G}$, полученная распространением $\tilde{\mathbf{M}}_1$, $\tilde{\mathbf{M}}_2$, $\breve{\mathbf{w}}_1$, $\breve{\mathbf{w}}_2$ на всю $\bar{G}$. Тогда $\tilde{U} = \breve{\mathbf{w}}^T\mathbf{M}\breve{\mathbf{w}}$, а вектор – градиент функционала $\tilde{U}$ в точке $\breve{w}$ равен

$$grad\tilde{U} = \hat{\tilde{\mathbf{U}}}_w = \partial\tilde{U} / \partial\breve{\mathbf{w}} = 2\mathbf{M}^T\breve{\mathbf{w}}. \quad (13)$$

Поскольку вторая вариация $\tilde{U}$ по $\breve{\mathbf{w}}$ положительна, $\tilde{U}$ выпукл по $\breve{\boldsymbol{w}}$ и, следовательно, имеет локальный минимум в $\bar{G}$.

Для примера при ранее описанных граничных условиях решена сформулированная выше задача при $u_0 =$ 0.2 мм для проушины толщиной 0.5 см с размером вдоль оси x 210 мм, вдоль оси y 60 мм и отверстием радиуса $R =$ 30 мм при $E =$ 2*10^5 МПа, $\nu =$ 0.33.

Использовалось всего 46 КЭ и 365 узлов, из которых 23 входят только в КЭ, а 21 – являются общими узлами КЭ и сетки. Для создания сетки использовалось 342 узла.

Вычисления проводились по оригинальной программе на алгоритмическом языке TurboPascal 7.0. Функционал $\tilde{U}$ минимизировался методом инерционного спуска с проецированием градиента $\hat{\tilde{U}}_{\mathbf{w}}$ на область $\bar{G}$ [4], то есть в точках $S_2 - S_4$ и S_9, где заданы перемещения, компоненты градиента определялись с учетом заданных перемещений, а соответствующие компоненты градиента полагались равными нулю. В точках, границ с ограничениями на

производные перемещения, компоненты градиента определялись с учетом соотношениями между этими производными.

Вектор $\breve{\mathbf{w}}$ определялся по итерационной формуле $\breve{\mathbf{w}}_{i+1} = \breve{w}_i - t\hat{\hat{\mathbf{U}}}_{wi}(\breve{\mathbf{w}}_i) + \alpha(\breve{\mathbf{w}}_i - \breve{\mathbf{w}}_{i-1})$, где t шаг; α - в первом приближении заданная величина и изменяющаяся в процессе вычислений с учетом информации о величине $\hat{\hat{\mathbf{U}}}_{wi}$ и различии направлений $\hat{\hat{\mathbf{U}}}_w(\breve{\mathbf{w}}_i)$ и $\hat{\hat{\mathbf{U}}}_{\mathbf{w}}(\breve{\mathbf{w}}_{i-1})$.

В качестве начального приближения использовался вектор $\breve{\mathbf{w}}_0$, удовлетворяющий граничным условиям для u и v на S_4 и S_9 точек закрепления. В части ограниченной узлами 169, 192, 342 и 316 u и v определялись как при растяжении. В прочих точках перемещения принимались равными нулю.

Таблица 1

Результаты вычислений для S_4

N	192	216	240	264	289	315	342
u	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
v	0	-0.0028	-0.0055	-0.0083	-0.0110	-0.0138	-00165
σ_x	333.33	333.36	333.36	333.33	39333.33	333.33	333.33
σ_y	11.339	19.000	17.808	18.026	16.473	16.889	0.0000

Таблица 2

Результаты вычислений для характерных узлов

N	184	208	232	256	281	307	334
u	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333
v	0	-0.0027	-0.0055	-0.0083	-0.0110	-0.0138	-0.0165
σ_x	333.337	333.365	333.363	333.365	333.363	333.365	333.336
σ_y	11.100	18.000	17.230	17.010	16.163	16.003	0.0000
N	175	199	223	247	272	298	325
u	0.0583	0.0583	0.0558	0.0820	0.0581	0.0581	0.0543
v	0	-0.0027	-0.0055	-0.00800	-0.0114	-0.0111	-0.0158
σ_x	333.366	333.366	333.845	333.413	349.7111	394.582	417.844
σ_y	1.2760	-0.6344	4.675	-6.916	53.186	41.795	0

Для определения энергии и вычисления градиента матрица **M** не использовалась, что позволило решить эту задачу по программе на языке Pascal на ПС.

Вычисления показали, что результат минимизации $\tilde{U}$ слабо (в пределах вычислительных погрешностей) зависит от выбора $\bar{\mathbf{w}}_0$. Скорость сходимости вычислений, зависела от величины перемещения на границе S_4 и α. При начальном $\alpha = 1$ решение получалось за 150-1500 приближений в режиме диалога. Важно отметить, что в процессе оптимизации при монотонном убывании U величины U_1 и U_2 могут изменяться не монотонно.

В табл. 1 и 2, где N – номера узлов, приведены перемещения u и v в мм и нормальные напряжения в узлах σ_x и σ_y в МПа.

Список литературы

1. Ряжских, В.И. Об одном методе решения краевых задач с эллиптическими операторами / В. И. Ряжских, А. В.Ряжских, В. А Рябцев // Прикладная физика и математика. – 2018. – №2. – С. 46-50. ООО Издательство "Научтехлитиздат", 2018.

2. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике / С. Г. Михлин ; – М.: Наука, 1970. – 512 с.

3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Перевод с английского / О. Зенкевич ; – М.: Мир, 1975. – 542 с.

4. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию / Б.Т. Поляк ; – М.: Наука, 1983. – 384 с.

Модель оптимального управления беспилотным летательным аппаратом при облете зон с грозовой деятельностью

А. В. Самсонов, email: Sinoptik78@mail.ru
С. Н. Башлыков, email: bashlykov.sergey@mail.ru
В.С. Ножкин, email: Nozhkin@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)1

Аннотация. *В работе построена математическая модель, обеспечивающая оптимальное управление беспилотным летательным аппаратом при облете зон с грозовой деятельностью.*

Ключевые слова: *математическая модель, управление, беспилотный летательный аппарат, грозовая деятельность.*

Введение

Основным режимом управления полетом беспилотного летательного аппарата (БЛА) является ручной радиокомандный режим, реализуемый оператором с наземного пункта управления [1].

Как показывает анализ [2], объективные ошибки операторов управления являются одной из причин их высокой аварийности. Кроме этого, БЛА имеют определенные ограничения по применению в зависимости от сложившейся метеообстановки, например [3]:

1. Полеты БЛА в условиях грозовой деятельности запрещаются.
2. При наличии в районе аэродрома (района полетов) вылета мощно-кучевой и кучево-дождевой облачности экипаж (расчет) БЛА обязан с помощью оптико-электронных средств осмотреть зону взлета и выхода из района аэродрома, оценить возможность взлета и определить порядок обхода мощно-кучевой, кучево-дождевой облачности и зон сильных ливневых осадков.
3. При подходе БЛА к зоне грозовой деятельности (сильных ливневых осадков) командир экипажа (расчета) БЛА обязан оценить возможность продолжения полета, принять решение на обход зоны, согласовав свои действия с органом управления полетами и т.д.

Таким образом, задача формирования программных режимов управления полетами БЛА, реализующих оптимальное управление актуальна и своевременна.

© Самсонов А. В., Башлыков С. Н., Ножкин В. С., 2022

Модель оптимального управления БЛА

Пусть БЛА осуществляет полет на высоте h со скоростью V, причем за минимальное время τ БЛА должен осуществить перелет между двумя точками с соответствующими координатами (x_0, z_0) и (x_k, z_k).

Оптимальная траектория перелета из одной точки в другую может быть определена из следующего решения [4, 5]:

$$\tau = \frac{1}{V}\int_{x_0}^{x_k}\sqrt{1+z'^2}dx \to \min_{z(x)};\ \ z(x_0)=z_0;\ z(x_k)=z_k. \qquad (1)$$

Решением вышеуказанного является прямая:

$$z^0(x) = z_0 + \frac{z_k - z_0}{x_k - x_0}(x - x_0). \qquad (2)$$

Пусть на плоскости Mxz радиолокатором обнаружена зона конвективной облачности, интенсивность которой говорит о грозовой деятельности, связанной с этой облачностью и граница которой с достаточной точностью может быть описана уравнением окружности:

$$\left(x - x^*\right)^2 + \left(z - z^*\right)^2 - R^2_{облака} = 0. \qquad (3)$$

Такое уравнение может быть построено как сечение на высоте $y = h$ фигуры, которая описывает область кучево-дождевого облака.

Пусть траектория полета БЛА (2) проходит через плоскую область, граница которой описывается выражением (3) и представлена на рис. 1.

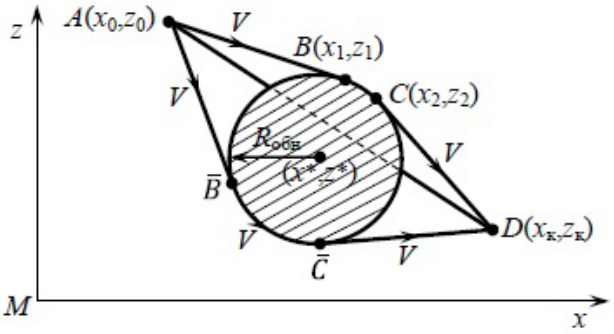


Рис. 1. Плоская область кучево-дождевого облака на траектории полета беспилотного летательного аппарата

Учитывая, что попадание БЛА в зону грозовой деятельности недопустимо, то в этом случае такая зона будет являться «запрещенной» областью для экстремали $z^0(x)$ и требуется найти новую траекторию полета БЛА из точки A с координатами (x_0, z_0) в точку B с координатами (x_k, z_k).

Необходимо отметить, что новая траектория полета БЛА должна быть гладкой функцией и располагаться на минимальном расстоянии от экстремали (2), то есть от БЛА потребуются минимальные затраты времени на ее реализацию.

Таким образом, новая траектория движения БЛА включает в себя отрезок AB, часть окружности BC и отрезок CD. При этом будем считать, что при движении БЛА по дуге окружности (3) вероятность его поражения неблагоприятными факторами, сопровождающими грозовую деятельность, равна нулю.

При решении задачи будем использовать неявное представление составной траектории БЛА вида [4]:

$$\Phi_1(x,z) = \frac{z - z_0}{z_1 - z_0} - \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} = 0,\ x \in [x_0, x_1]; \tag{4}$$

$$\Phi_2(x,z) = \left(x - x^*\right)^2 + \left(z - z^*\right)^2 - R^2_{облака} = 0,\ x \in [x_1, x_2]; \tag{5}$$

$$\Phi_3(x,z) = \frac{z - z_2}{z_k - z_2} - \frac{x - x_2}{x_k - x_2} = 0,\ x \in [x_2, x_k]. \tag{6}$$

Выражения (4-6) есть уравнения прямых, проходящих через точки с координатами $A(x_0, z_0)$, $B(x_1, z_1)$, $C(x_2, z_2)$ и $D(x_k, z_k)$. Равенство значений производной z' неявно заданной функции $z = z(x)$ в точках $B(x_1, z_1)$ и $C(x_2, z_2)$ обеспечит гладкость данной траектории.

Используя производную $z(x)$ как $z' = \frac{\Phi_x(x,z)}{\Phi_z(x,z)'}$ [4], получим:

$$\frac{z_1 - z_0}{x_1 - x_0} + \frac{x_1 - x^*}{z_1 - z^*} = 0;\ \frac{x_2 - x^*}{z_2 - z^*} + \frac{z_k - z_2}{x_k - x_2} = 0, \tag{7}$$

которые обеспечивают равенство производных, вычисленных с использованием выражений (4)-(6) в указанных точках траектории.

Система (7) содержит неизвестные координаты (x_1, z_1) и (x_2, z_2) и необходимо, чтобы эти точки располагались на траектории полета БЛА, что обеспечивают следующие соотношения:

$$\begin{aligned}(x_1 - x_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 - R_{облака}^2 = 0;\\ \left(x_2 - x^*\right)^2 + \left(z_2 - z^*\right)^2 - R_{облака}^2 = 0,\end{aligned} \tag{8}$$

которые, в совокупности с (7), позволяют получить систему уравнений для определения искомых значений координат.

Уравнения (7-8) могут быть решены методами решения нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений [4]. Вышеизложенное указывает на наличие двух решений, которые обозначим как $x_1^{(1)}$, $z_1^{(1)}$, $x_2^{(1)}$, $z_2^{(1)}$, $x_1^{(2)}$, $z_1^{(2)}$, $x_2^{(2)}$, $z_2^{(2)}$. Первое решение задает координаты точек B и C, а второе – точек $\overline{B}$ и $\overline{C}$.

Таким образом, имеется два варианта облета зоны кучево-дождевой облачности и связанной с грозовой деятельности и необходимо выбрать тот, который обеспечит минимальные затраты полетного времени БЛА. Эти затраты, согласно рис. 1, могут быть определены как:

$$\tau = \frac{1}{V}\left(d_{AB} + d_{BC} + d_{CD}\right);\ \bar{\tau} = \frac{1}{V}\left(d_{\overline{AB}} + d_{\overline{BC}} + d_{\overline{CD}}\right), \tag{9}$$

здесь параметр d задает протяженность соответствующего участка составной части траектории полета БЛА.

Составляющие выражения (9) определяются из соотношений, описывающие длины отрезков прямых и дуг окружностей [4]:

$$\begin{aligned}d_{AB} &= \sqrt{\left(x_0 - x_1^{(1)}\right)^2 + \left(z_0 - z_1^{(1)}\right)^2};\\ d_{BC} &= 2R_{облака}\arcsin\left(\frac{\sqrt{\left(x_1^{(1)} - x_2^{(1)}\right)^2 + \left(z_1^{(1)} - z_2^{(1)}\right)^2}}{2R_{облака}}\right);\\ d_{CD} &= \sqrt{\left(x_2^{(1)} - x_k\right)^2 + \left(z_2^{(1)} - z_k\right)^2};\\ d_{\overline{AB}} &= \sqrt{\left(x_0 - x_1^{(2)}\right)^2 + \left(z_0 - z_1^{(2)}\right)^2};\end{aligned} \tag{10}$$

$$d_{\overline{BC}} = 2R_{облака} \arcsin\left(\frac{\sqrt{\left(x_1^{(2)} - x_2^{(2)}\right)^2 + \left(z_1^{(2)} - z_2^{(2)}\right)^2}}{2R_{облака}} \right);$$

$$d_{\overline{CD}} = \sqrt{\left(x_2^{(2)} - x_k\right)^2 + \left(z_2^{(2)} - z_k\right)^2}.$$

Подставляя (9) в (10) и сравнивая полученные значения, определяем минимальное время, при этом оптимальный вектор управления БЛА, при его полете по соответствующим участкам траектории полета, формируется на основе использования параметров x_1, z_1, x_2, z_2 в выражениях (4)-(6).

Заключение

Необходимо отметить, что кучево-дождевая облачность и связанная с ней грозовая деятельность могут иметь вид как отдельного локального очага (внутримассовая облачность), так и в виде скоплений нескольких ячеек кучево-дождевой облачности, поэтому перспективной является задача формирования оптимального управления беспилотного летательного аппарата при облете совокупности пересекающихся зон конвективной облачности и связанных с ней грозовой деятельности и других опасных для авиации опасных явлений погоды.

Список литературы

1. Беспилотная авиация [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: http://uav.ru

2. Красильников М.Н. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / М.Н. Красильников; – М.: Физматлит, 2005. – 280 с.

3. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами / В.С. Моисеев; – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 2013. – 768 с.

4. Доброленский Ю.П. Динамика полета в неспокойной атмосфере / Ю.П. Доброленский; – М.: Машиностроение, 1969. – 256 с.

5. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин; – М.: Наука, 1983. – 393 с.

Подход к повышению эффективности обфускации кода с использованием смешанной булевой арифметики

М. В. Соколов, email: SaSa_t@mail.ru
В. О. Даренских, email: darenskih.vadim@yandex.ru
А. А. Дорофеев, email: andrei3267@gmail.com
Я. С. Тодояков, email: todoyakovs@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается подход к повышению эффективности обфускации кода добавлением синтаксической сложности с использованием смешанной булевой арифметики, а также представлен общий подход для синтеза разнообразных и формально проверенных смешанных булево-арифметических выражений произвольной сложности.*

Ключевые слова: *смешанная булева арифметика, обфускация, деобфускация, синтаксическая сложность.*

Введение

Обфускация программного обеспечения – важнейшая технология защиты интеллектуальной собственности. Несмотря на свою важность, современные подходы к обфускации уязвимы для множества атак автоматической деобфускации, таких как символическое выполнение, анализ "испорченности" или синтез программы [1-6].

Опора на синтаксическую сложность в современных схемах обфускации и широкий арсенал передовых методов деобфускации спровоцировали дальнейшие исследования по созданию более устойчивых схем, направленных на препятствование этим автоматическим анализам. Были выдвинуты предложения по затруднению анализа "испорченности" [7, 8] и неэффективности символьного выполнения [1, 9]. Например, последнее может быть достигнуто путем инициирования исследования путей для механизма символьного выполнения путем искусственного увеличения числа путей для анализа. Появились и другие перспективные схемы обфускации, включая смешанные булевы арифметические (MBA) выражения, которые предлагают модель для сложного кодирования произвольных арифметических формул. Выражения представлены в области, которая нелегко поддается упрощению, эффективно скрывая фактические семантические операции. Обычно автоматизированные подходы к

© Соколов М. В., Даренских В. О., Дорофеев А. А., Тодояков Я. С., 2022

деобфускации MBA основаны на символическом упрощении; эти методы опираются на определенные предположения о структуре выражения, что делает их непригодными для упрощения таких выражений в общем случае.

1. Смешанная булева арифметика

Смешанная булева арифметика (MBA) описывает кодирование выражений синтаксически сложным способом. Цель состоит в том, чтобы скрыть основную семантику в синтаксически сложных конструкциях. Алгебра MBA соединяет арифметические операции (например, сложение) с побитовыми операциями (например, логическими операциями или сдвигом битов). Полученные выражения обычно трудно упростить символически [10-14], поскольку для каждого выражения существует бесконечное число синтаксических представлений. В общем случае, задача сокращения выражений MBA – известных как арифметические кодировки – до эквивалентных, но более простых выражений является трудной.

Пример1: функции

$$f(x,y,c) := x + y \tag{1}$$

$$g(x,y,c) := (x \oplus y) + 2*(x \vee y) \tag{2}$$

семантически эквивалентны. Обе функции осуществляют одну и ту же основную семантику, но g использует синтаксически более сложное представление, так называемый MBA.

2. Добавление синтаксической сложности

Предполагая объединенную семантику с использованием различных кодировок ключей, злоумышленник все еще может различать кодировку ключа и семантику ядра для данной функции f, поскольку $e_i(k)$ оперирует только ключом, в то время как семантика ядра использует x, y и c. В то же время злоумышленник, знающий k, может использовать символическое выполнение для упрощения f до семантики ядра, связанной с известным k, путем арифметического обнуления операций, не вносящих вклад в результат. Один из подходов, позволяющий предотвратить атаку такого типа, заключается в увеличении синтаксической сложности выражения, путем добавления формул смешанной булевой арифметики (MBA) к кодировкам ключей, а также к основной семантике.

Символьное выполнение этих синтаксически сложных формул не позволяет получить осмысленных выражений. Несмотря на то, что современные механизмы символьного выполнения содержат правила

упрощения для основных арифметических тождеств и законов (например, для коммутативности операторов). В общем случае упрощение такого выражения до его синтаксически наименьшего эквивалентного выражения является трудной задачей.

Пример 2: Для

$$f(x,y,c,k) := e_0(k)(x+y) + e_1(k)(x-y) \tag{3}$$

мы можем заменить $x+y$ на $(x \oplus y) + 2 \cdot (x \wedge y)$, $x-y$ на $x + \neg y + 1$, и заменить мультипликацию $e_1(k)(x-y)$ правилом $(a \wedge b) \cdot (a \vee b) + (a \wedge \neg b) \cdot (\neg a \wedge b)$ для $a \cdot b$, в результате чего получим конечную функцию

$$f(x,y,c,k) := e_0(k)((x \oplus y) + 2 \cdot (x \wedge y)) + (e_1(k) \wedge (x + \neg y + 1)) \cdot (e_1(k) \vee$$
$$\vee (x + \neg y + 1)) + (e_1(k) \wedge \neg (x + \neg y + 1)) \cdot (\neg e_1(k) \wedge (x + \neg y + 1))$$

3. Синтез MBA

Для затруднения символьного выполнения и сопоставления шаблонов, MBA используется для всех компонентов выражения, включая основную семантику и кодировку ключей. Поскольку жестко закодированные правила не обеспечивают должного разнообразия, необходимо заранее вычислять большие классы семантически эквивалентных синтаксических выражений, объединяя их с помощью рекурсивной, случайной перезаписи выражений.

4. Преобразование выражений

В рамках исследования был создан большой набор разнообразных классов эквивалентности, используемых для замены синтаксически простых выражений более сложными. Тривиальный подход, заменяющий выражения MBA из классов эквивалентности, ограничен наибольшей глубиной, найденной в соответствующем классе. Для преодоления этого ограничения, был предложен рекурсивный подход к переписыванию выражений. Данный подход позволяет выстраивать выражения произвольной синтаксической глубины.

Для произвольного основного выражения e, выбирается случайное подвыражение, содержащееся в e, затем производится его проверка на принадлежность к определенному классу эквивалентности. При положительном результате проверки, выбранное подвыражение заменяется произвольным членом соответствующего класса эквивалентности. Предлагаемый подход предполагает рекурсивное повторение вышеописанных операций для случайно определенной верхней границы n.

Пример 4: Пусть основное выражение, требующее увеличения синтаксической сложности, имеет вид:

$e := (x + y) + z$

$n = 2$ – верхняя граница.

На первом этапе, согласно описанному подходу, случайным образом выбрано подвыражение: $x + y$, содержащееся в e. Заменив данное подвыражение членом того же класса эквивалентности, например: $(x \oplus y) + 2 \cdot (x \wedge y)$, выражение для e примет вид: $e := ((x \oplus y) + 2 \cdot (x \wedge y)) + z$.

На втором этапе, выбрав в качестве подвыражения – $(x \oplus y)$ и подобрав ему семантически эквивалентный член $(x \vee y) - (x \wedge y)$ запишем последнее обфусцированное выражение для e: $e := (((x \vee y) - (x \wedge y)) + 2 \cdot (x \wedge y)) + z$.

По результатам проведенных эмперических исследований, стоит отметить, что в силу малой длины случайно выбранных подвыражений, результирующее рекурсивное преобразование выражений носит локальный характер. Это приводит к тому, что операции верхнего уровня (в примере – сложение с z) зачастую игнорируются. С каждой итерацией число операций нижних уровней растет, соответственно, вероятность случайного выбора операции верхнего уровня с каждой итерацией уменьшается [14]. Для устранения данного недостатка, достаточно выбирать в первых итерациях цикла операции верхнего уровня.

Заключение

Рассмотренный подход к повышению эффективности обфускации кода добавлением синтаксической сложности с использованием смешанной булевой арифметики позволяет скрыть основную семантику в синтаксически сложных конструкциях, существенно повышая эффективность обфускации кода, а представленный подход для синтеза разнообразных и формально проверенных смешанных булево-арифметических выражений произвольной сложности дополнительно усложняет процесс деобфускации.

Список литературы

1. Дидрих, В. Е. Методика оценки изменений показателей свойств исходных текстов программного обеспечения после обфускации / В. Е. Дидрих [и др.] // Информация и безопасность. – 2014. – Т. 17. – № 2. – С. 288-291.

2. Казарин, И. С. Обзор сетевых атак на информационные системы / И. С. Казарин, Е. М. Михайлова // В сборнике:

Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. Сборник материалов XXXIX Молодежной международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.С. Чернова. – 2017. – С. 140-148.

3. Диченко, С. А. Реализация двоичных псевдослучайных последовательностей линейными числовыми полиномами / С. А. Диченко, А. К. Вишневский, О. А. Финько // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 12 (125). – С. 130-140.

4. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности данных в защищенных информационно-аналитических системах / С. А. Диченко, О. А. Финько // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2021. – № 676. – С. 36-49.

5. Диченко, С. А. Модель контроля целостности многомерных массивов данных / С. А. Диченко // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2021. – № 2 (46). – С. 97-103.

6. Сухов, А. М. Математическая модель процесса функционирования подсистемы реагирования системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак / А. М. Сухов [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2019. – № 2. – С. 56-64.

7. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности многомерных массивов данных посредством криптокодовых конструкций / С. А. Диченко, О. А. Финько // Программирование. – 2021. – № 6. – С. 3-15.

8. Сухов, А. М. Индуктивный подход для оценки защищенности информационно-телекоммуникационной сети / А. М. Сухов [и др.] // Защита информации. Инсайд. – 2017. – № 6 (78). – С. 68-73.

9. Диченко, С. А. Разработка алгоритма контроля и обеспечения целостности данных при их хранении в центрах обработки данных / С. А. Диченко [и др.] // Сб. науч. статей VIII Междунар. молод. научнопр. конф. с элементами науч. шк. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

10. Сачков, И. К. Автоматизация противодействия бот-атакам / И. К. Сачков, А. Н. Назаров // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8. – № 6. – С. 5-9.

11. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.

12. Дементьев, В. Е. Понятийный аппарат протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети / В. Е. Дементьев, А. В. Дементьева, Д. А. Маняшин // В сборнике: Актуальные проблемы

инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей. – 2016. – С. 70-74.

13. Сухов, А. М. Математическая модель процесса функционирования подсистемы реагирования системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак / А. М. Сухов [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2019. – № 2. – С. 56-64.

14. Варновский, Н. П. Современное состояние исследований в области обфускации программ: определения стойкости обфускации / Н. П. Варновский [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. – 2014. – Т. 26. – № 3. – С. 167-198.

Динамическая реконфигурация бортовой распределенной информационно-вычислительной среды на базе ОСРВ JetOS

А. М. Соловьёв [1], E-mail: darkzite@yandex.ru,
М. Е. Семёнов [2], Н. И. Сельвесюк [3], В. М. Новиков [3], Е. А. Карпов [4]

[1] АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж
[2] ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж
[3] ФГУП «ГосНИИАС», г. Москва
[4] Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация. *Представленная в настоящей работе математическая модель и алгоритмическое обеспечение для решения задачи динамической реконфигурации бортовой распределенной информационно-вычислительной среды реализуются в совокупности программных средств, объединенных в единую интеллектуальную систему с элементами искусственного интеллекта и машинного обучения, базирующуюся на прецедентном и нейросетевом подходах. При этом, в качестве «прецедентов» принимается опыт квалифицированных пилотов, описывающий действия по парированию отказов за счет динамической реконфигурации комплекса бортового оборудования, позволившие в результате успешно завершить полетное задание, а также набор датасетов, полученный с помощью моделирования нештатных ситуаций на цифровых двойниках бортовой вычислительной сети и оборудования воздушного судна. В работе рассматривается специфика реализации интеллектуальной системы как части операционной системы реального времени JetOS, работающей в соответствии со стандартом ARINC 653.*

Ключевые слова: *Полностью оптическая бортовая сеть, интеллектуальная система, интегрированная модульная авионика, комплекс бортового оборудования, прецедентный подход, нейросетевой подход.*

Введение

Современные системы авионики представляют собой сложную распределенную вычислительную среду, которая должна обеспечивать решение широкого спектра задач, при этом удовлетворять строгим требованиям авиационной безопасности, таким как надежность, отказоустойчивость и проч. Наиболее сложным и ответственным компонентом такой системы является бортовая распределенная

© Соловьёв А. М., Семёнов М. Е., Сельвесюк Н. И., Новиков В. М., Карпов Е. А., 2022

информационно-вычислительная среда (БРИВС), обеспечивающая функционирование приложений, реализующих диагностику и управление системами воздушного судна [1].

Одной из актуальных проблем, возникающих при построении современных БРИВС, является проблема конструирования интеллектуальных систем реального времени, ориентированных на открытые и динамические предметные области. В основе таких систем лежит интеграция способных к адаптации, модификации и обучению моделей представления и оперирования знаниями, ориентированных на специфику проблемной (предметной) области и соответствующий тип неопределенности, что отражает их способность к развитию и изменению своего состояния [2,3]. Одним из наиболее перспективных подходов к повышению требований авиационной безопасности современных комплексов бортового оборудования (КБО) является построение динамически реконфигурируемых систем авионики, позволяющих успешно парировать возникающие в процессе выполнения полетного задания отказы (как на аппаратном, так и на программном уровне) посредством перераспределения вычислительных ресурсов и изменения структуры БРИВС в реальном масштабе времени. Таким образом, разработка и внедрение авиационных систем, позволяющих реализовывать интеллектуальный анализ состояния КБО в реальном масштабе времени, производить прогнозирование отказов и, в случае возникновения нештатных ситуаций, инициировать и выполнять динамическую реконфигурацию КБО, является важной и перспективной задачей.

Критически важными характеристиками БРИВС, необходимыми для развертывания интеллектуальной системы, обеспечивающей поддержку процесса динамической реконфигурации, являются: однородность элементов вычислительной среды, ее масштабируемость, параллелизм и детерминизм процессов, обеспечивающих ее функционирование, минимальные временные задержки. В качестве наиболее оптимальной платформы для реализации интеллектуальной системы поддержки, позволяющей выполнять динамическую реконфигурацию КБО в реальном масштабе времени, была выбрана платформа, построенная на базе полностью оптической бортовой среды (ПОБС), как обладающая наилучшими перечисленными выше характеристиками [4,5].

В силу того, что интеллектуальная система должна быть развернута в БРИВС не только на аппаратном, но и на прикладном уровне, целесообразно использовать существующие авиационные стандарты, регламентирующие временное и пространственное разделение ресурсов

вычислительных модулей (ВМ) БРИВС в соответствие с принципами интегрированной модульной авионики (ИМА). Одним из таких стандартов является ARINC 653. В представленной работе рассматриваются подходы к построению и развертыванию на прикладном уровне интеллектуальной системы динамической реконфигурации (ИСДР) КБО в операционной системе реального времени (ОСРВ) JetOS, являющейся отечественной сертифицируемой бортовой операционной системой, работающей в соответствии со стандартом ARINC 653.

1. Модель БРИВС

Для построения ИСДР, являющейся, по сути, программной надстройкой над сервисами ОСРВ JetOS, была разработана математическая модель, однозначно описывающая функционал БРИВС на всех уровнях, подлежащих мониторингу и администрированию в процессе интеллектуальной поддержки. Модель БРИВС состоит из подуровней, описывающих

- оптическую коммуникационную среду ($\mathbf{M}^{opt}$),
- информационное сопряжение между основными функциональными задачами (ФЗ), реализующимися на всех ВМ БРИВС ($\mathbf{M}^{func}$),
- информационное сопряжение между ВМ БРИВС ($\mathbf{M}^{cpu}$),
- распределение имеющихся вычислительных ресурсов и затрат по всем ВМ БРИВС, а также параметры конфигурации КБО в целом ($\mathbf{V}^{cpu}$),

где $\mathbf{M}^{opt}$, $\mathbf{M}^{func}$ и $\mathbf{M}^{cpu}$ – формализация соответствующего подуровня в виде матрицы инцидентности подграфа, а $\mathbf{V}^{cpu}$ – вектор параметров архитектуры КБО.

Таким образом, формализовать модель можно в виде специального функционального графа $\mathbf{M}^{sfg}$ (СФГ), состоящего из подграфов каждого подуровня

$$\mathbf{M}^{sfg} = \mathbf{M}^{opt} \cup \mathbf{M}^{func} \cup \mathbf{M}^{cpu}, \quad (1)$$

объединенных между собой, как показано на рис. 1.

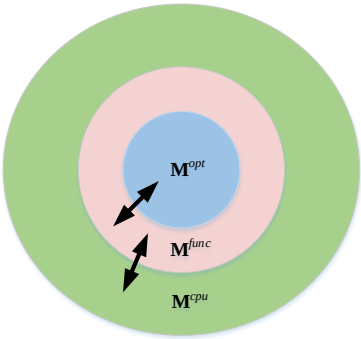


Рис. 1. Структура СФГ

В настоящей работе предлагается алгоритм динамической реконфигурации КБО, основанный на прецедентном подходе. Данный подход подразумевает, что существует априорная информация («прецеденты») об отказных ситуациях и способах их решений методом динамической реконфигурации, на основе которой формируется база знаний (БЗ). Таким образом, БЗ представляет собой перечень заранее проверенных возможных рабочих конфигураций КБО на базе ПОБС. При этом каждый вычислитель сети, среди прочих, имеет специальное программное приложение, супервизор, осуществляющее анализ состояния сети и ведущее постоянный обмен с аналогичными программными приложениями других вычислителей. При этом среди всех имеющихся в сети супервизоров только один является ведущим (роль ведущего может меняться в зависимости от ситуации). В случае возникновения отказа (отказ приложения, приемного или передающего оптического канала и др., в соответствии с ARINC 653P1-3) ведущий супервизор, на основе имеющейся у него информации о состоянии КБО, производит поиск в БЗ конфигурации («прецедента»), позволяющей нивелировать данный отказ и являющейся наиболее подходящей по набору критериев. Если «прецедент» был найден, ведущий супервизор производит реконфигурацию всей сети. В случае отсутствия соответствующего «прецедента» в БЗ, ведущий супервизор производит синтез новой конфигурации, позволяющей нивелировать отказ и, с согласия пилота, производит реконфигурацию.

Таким образом, основным элементом ИСДР, влияющим на эффективность интеллектуального вывода, является БЗ. Структура базы знаний, в терминах разработанной модели представлена на рис 2.

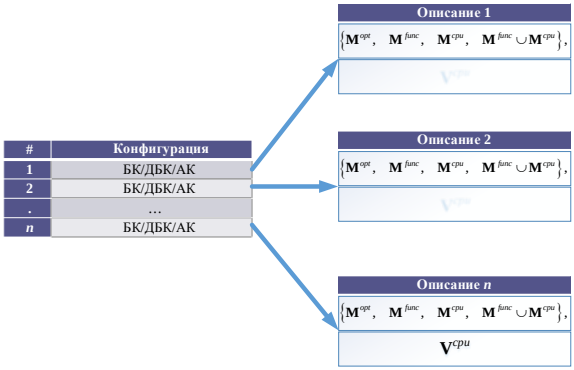


Рис. 2. Структура БЗ

Как показано на рис. 2, БЗ содержит перечень конфигураций КБО трех типов, а именно, БК – базовые конфигурации, представляющие собой набор независимых полнофункциональных конфигураций КБО, ДБК – декомпозиции базовых конфигураций, отличающиеся от БК перераспределением ФЗ по ВМ БРИВС и АК – аварийные конфигурации, являющиеся версиями ДБК с урезанным функционалом (отключен определенный набор ФЗ, не являющихся критически важными для успешного выполнения полетного задания).

Элементом БРИВС, в котором непосредственно производится мониторинг текущей ситуации и интеллектуальный вывод, является сетевой супервизор. Данная ФЗ объединяет в себе набор подходов, позволяющих производить как быстрый поиск по БЗ, так и выполнять интеллектуальный анализ текущей ситуации, включая прогнозирование отказов на основе мониторинговой информации в реальном масштабе времени. При этом основным подходом, значительно повышающим эффективность и гибкость работы супервизора, является нейросетевой подход. В рамках данного подхода производится первичная обработка и структурирование БЗ (с использованием нейросетевого энкодера), выполняется прогнозирование отказных ситуаций (с применением глубокой нейросети, обученной на датасете, сформированном на основе экспериментов с цифровыми двойниками КБО ВС), осуществляется синтез новой конфигурации или восстановление логических связей между ФЗ БРИВС в случае отсутствия подходящей конфигурации в БЗ (с применением рекуррентных нейросетей), реализуется быстрый поиск по БЗ (с применением нейросетей прямого распространения) и т.п. Отметим, что для увеличения производительности интеллектуальной системы

возможно реализовать нейросетевой вычислитель аппаратно, на базе ПЛИС [6] или специализированного процессора.

2. Реализация интеллектуальной системы в ОСРВ JetOS

Рассмотрим особенности реализации ИСДР в ОСРВ JetOS. В ядро JetOS входит специальный системный процесс, называемый Health Monitor (HM), обладающий максимальным приоритетом выполнения, осуществляющий мониторинг и парирование отказов за счет приостановки/перезапуска отказавшего программного приложения (раздела, процесса, канала и проч.). При этом, ОСРВ JetOS функционирует независимо на каждом ВМ БРИВС и, в силу требований стандарта ARINC 653, программные модули ОСРВ (включая HM), а также каждый ее экземпляр являются независимыми и изолированными друг от друга, то есть встроенными средствами JetOS невозможно оценить состояние КБО в целом, как единой системы и, вследствие этого, невозможно организовать процесс динамической реконфигурации. Для построения КБО с возможностью динамической реконфигурации необходимо реализовать интеллектуальную систему как дополнительную программную надстройку, позволяющую объединить работу всех HM БРИВС и выполнять интеллектуальный вывод на основе агрегируемых ими данных. При этом такая система, исходя из требований совместимости с ОСРВ, должна оперировать терминами и категориями, характерными для JetOS. Так как HM JetOS обладает наивысшим приоритетом, при развертывании ИСДР неизбежно возникает множество центров управления – HM JetOS каждого вычислителя БРИВС и диспетчер самой интеллектуальной системы.

Таким образом, исходя из особенностей функционирования ОСРВ JetOS и представленной в работе ИСДР, сформируем комплекс требований к принципам функционирования интеллектуальной системы на базе ОСРВ JetOS:

– функционирование ИСДР в части администрирования КБО не должно пересекаться с работой HM JetOS, так как в противном случае это вызовет коллизии в процессе реконфигурации;

– анализ мониторинговой информации в ИСДР должен осуществляться на основе объединенной информации от HM всех вычислительных модулей БРИВС;

– для быстрого поиска и интеллектуального вывода в ИСДР целесообразно использовать нейросетевой вычислитель, обученный на априорном датасете, данные в котором имеют структуру и состав, аналогичный мониторинговым данным от HM JetOS;

– интеллектуальный вывод в ИСДР должен быть детерминированным и опираться на БЗ с заранее регламентированными и апробированными данными.

В силу того, что ИСДР и НМ делят между собой функции мониторинга и администрирования КБО, функции должны осуществляться на разных уровнях абстракции. При этом за НМ JetOS должен быть закреплен следующий низкоуровневый функционал:

– мониторинг состояния вычислительного модуля, на котором запущен данный НМ, а также его разделов, процессов и каналов связи;

– приостановка или перезапуск отказавшего элемента из перечня мониторинга в соответствии с заранее созданной таблицей реакций, содержащей виды отказов и реакцию на них НМ в данном вычислительном модуле.

За ИСДР должен быть закреплен следующий высокоуровневый функционал:

– мониторинг целостности и корректности информационных обменов между всеми вычислительными модулями в БРИВС;

– поиск подходящего решения (новой конфигурации) в случае выявления отказа на данном уровне (т.е. интеллектуальный вывод);

– реализация процесса динамической реконфигурации в соответствии с найденным решением.

Точкой пересечения уровней НМ и ИСДР является раздел (партиционный проект) ОСРВ JetOS. Все программные элементы, находящиеся ниже раздела в иерархии JetOS администрируются средствами НМ, программные элементы, от раздела и выше администрируются ИСДР. При этом в ИСДР при анализе целостности и корректности информационных обменов используется информация о состоянии разделов от НМ каждого вычислительного модуля БРИВС. Структура динамически реконфигурируемой БРИВС на базе JetOS приведена на рис. 3.

Заключение

Выделим основные преимущества и недостатки использования ОСРВ JetOS (и других ОСРВ, соответствующих стандарту ARINC 653) в качестве среды для развертывания БРИВС с ИСДР. К преимуществам можно отнести следующее:

– развертывание ИСДР в JetOS упрощает и структурирует модель БРИВС, так как часть ее функций реализуется средствами самой ОСРВ;

– функционирование всех элементов КБО синхронно и детерминировано во времени.

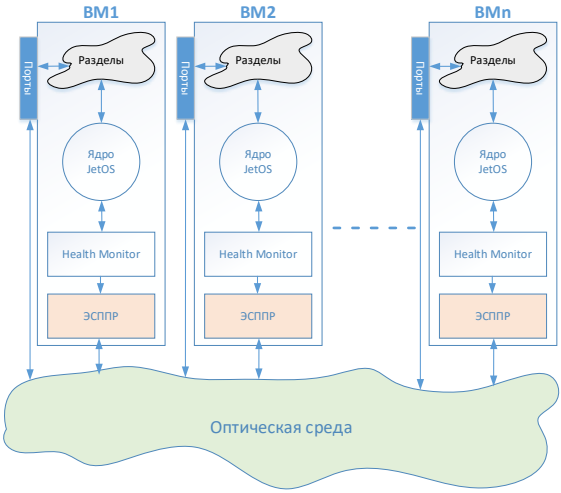


Рис. 3. Структура БРИВС с ИСДР на базе JetOS

К недостаткам такого решения можно отнести следующие особенности:

– невозможность синтеза новой конфигурации в случае отсутствия подходящей в БЗ, что увеличивает надежность, но сужает диапазон поиска решений (данный недостаток можно нивелировать увеличением объема БЗ и наличием избыточности в наборе конфигураций);

– наличие множества центров управления (ИСДР и НМ) может приводить к коллизиям (недостаток нивелируется корректной организацией взаимодействия ИСДР и НМ);

– экземпляры ОСРВ на разных ВМ изолированы и независимы, что повышает надежность, но, вследствие этой идеологии, отсутствуют средства диспетчеризации связанных между собой ВМ на уровне ОС.

Полученные результаты применимы при моделировании, тестировании и исследовании свойств высокопроизводительных структур КБО и общесамолетных систем на базе ИМА с использованием перспективных информационных интерфейсов и могут быть использованы при:

– проектировании архитектуры КБО воздушных судов гражданской авиации;

– разработке программного обеспечения при проведении ОКР по созданию КБО перспективных ВС на базе распределенной интегрированной модульной авионики.

Потенциальными потребителями полученных результатов являются авиастроительные конструкторские бюро, осуществляющие разработку воздушных судов гражданской авиации, самолетостроительные коллективы при создании перспективных отечественных летательных аппаратов, а также компании, стремящиеся модернизировать авионику эксплуатирующихся ВС с целью повышения ее соответствия перспективным международным требованиям надежности, а также экономичности и безопасности полетов.

Список литературы

1. Книга Е. В. организации архитектуры перспективных бортовых цифровых вычислительных систем в авионике / Е. В. Книга, И. О. Жаринов, А. В. Богданов, П. С. Виноградов Принципы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – №5.

2. Короткова Т. И. Многокритериальный алгоритм принятия решения в системе обеспечения информационной безопасности объектов гражданской авиации //Труды МАИ. – 2015. – №. 84. – С. 36-36.

3. Назмутдинов И. С. Использование системы поддержки принятия решения для поиска места отказа в радиотехнических средствах обеспечения полетов авиации //Информатика: проблемы, методология, технологии. – 2017. – С. 318-322.

4. Семёнов М.Е., Соловьёв А.М, Новиков В.М., Мищенко И.Б. Формирование облика системы поддержки принятия решения в задачах администрирования и мониторинга комплекса бортового оборудования на базе полностью оптической бортовой сет // Международной научно-практической конференции «АВИАТОР» 11–12 февраля 2021 г. ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

5. Косьянчук В.В., Семёнов М.Е., Соловьёв А.М., Новиков В.М., Карпов Е.А., Мищенко И.Б. Концепция построения системы поддержки принятия решений при выполнении динамической реконфигурации комплекса бортового оборудования летательного аппарата // Теория и техника радиосвязи, №1, 2021 г.

6. Соловьёв А.М., Семёнов М.Е., Косьянчук В.В., Новиков В.М., Сельвесюк Н.И. Аппаратная реализация вычислительных процедур СППР в задачах авионики // XIII мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021, п. Дивноморское, г. Геленджик, 27 сентября – 2 октября 2021 г.

Математическая модель оптимального распределения сил подразделения беспилотной авиации по поставленным групповым целям

А. И. Тищенко, email: aleksei.tishenko@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются математическая модель оптимального распределения сил подразделения ударной беспилотной авиации по поставленным групповым целям.*

Ключевые слова: *математическая модель, оптимизация, ударные беспилотные летательные аппараты, групповые цели.*

Введение

Командиры подразделений беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) в процессе своей деятельности сталкиваются с решением задач, связанных с распределением сил и средств беспилотных летательных аппаратов по поставленным целям. Для принятия обоснованного решения, целесообразно командирам подразделений беспилотной авиации иметь в своем распоряжении пакет программного обеспечения с набором программ поддержки принятия решения, адаптированных под конкретные задачи. Программы реализуются на основе соответствующих математических моделей.

Целью статьи является рассмотреть возможность использования метода оптимизации аддитивной целевой функции для решения задач оптимального распределения сил и средств подразделения ударной беспилотной авиации по поставленным групповым целям.

1. Постановка задачи

Для достижения поставленной цели рассмотрим гипотетическую задачу. Пусть в подразделении ударных беспилотных летательных аппаратов (УБпЛА) имеется n летательных аппаратов. Подразделение оказывает огневую поддержку подразделения сухопутных войск. Командиру подразделения УБпЛА поставлена задача нанести максимальный ущерб S подразделениям противоборствующей стороны, представляющих собой S однородных групповых цели. Априори командиру подразделения УБпЛА известны:

– боевые возможности подразделения УБпЛ по уничтожению групповых целей:

© Тищенко А. И., 2022

– количество летательных аппаратов n;

– количество авиационных средств поражения, установленных на УБпЛА n_1;

– вероятность поражения единичной цели каждой группы одним средством поражения, установленным на УБпЛА p_{1i};

– вероятность преодоления средств противовоздушной обороны групп целей единичным УБпЛА p_{2i};

– боевые возможности групповых целей:

– количество однотипных единиц целей в каждой группе n_{2i};

– количество средств поражения УБпЛА, установленных на каждой единице техники или имеющихся штатных средств подразделения n_{3i};

– вероятность поражения одним средством поражения каждой группы одного УБпЛА p_3.

Требуется определить оптимальное распределение УБпЛА подразделения по групповым целям, обеспечивающее максимальное поражение сил противоборствующей стороны.

Поставленную задачу, исходя из условий, следует отнести к классу задач оптимального распределения сил и средств. Решим ее путем оптимизации аддитивной функции на основе метода условного экстремума. В качестве меры эффективности используем математическое ожидание поражаемой силы противоборствующей стороны, выраженной в единицах боевого потенциала [1,2].

2. Математическая модель

Дано S объектов противоборствующей стороны, имеющих приоритеты важности V_i (i=1 … S), выраженных в единицах боевого потенциала, по которым необходимо нанести удар n однотипными УБпЛА. Заданы значения n_1, p_{1i}, p_{2i}, n_{2i}, n_{3i}, p_3. Требуется определить оптимальный вектор распределения УБпЛА по групповым целям противника X обеспечивающий максимум аддитивной целевой функции ущерба

$$F = \sum_{i=1}^{S} V_i \left(1 - \left(1 - P_i\right)^{p_{2i} x_i}\right), \qquad (1)$$

где F – функция ущерба, x_i – распределение УБпЛА по i – ой групповой цели, P_i – вероятность поражения, наносимая одним УБпЛА каждой i – ой группировки цели, определяемой выражением вида:

$$P_i = 1 - \left(1 - \frac{p_{1i}}{n_{2i}}\right)^{n_1}, \tag{2}$$

для следующих ограничениях на искомые переменные и параметры:

$$x_i > 0, \ \sum_{i=1}^{S} x_i = n, \ V_i > 0, \ 0 < 1 - P_i < 1, \ 0 < p_{2i} < 1. \tag{3}$$

Для решения задачи методом условного экстремума запишем функцию Лагранжа в следующем виде:

$$F^* = \sum_{i=1}^{S} V_i \left(1 - \left(1 - P_i\right)^{p_{2i} x_i}\right) + \lambda \left(n - \sum_{i=1}^{S} x_i\right), \tag{4}$$

где λ – множитель Лагранжа.

Общий результат решения (4) определим на основе частного решения применительно к поставленной задачи S=3. В итоге получим:

$$F^* = V_1 \left(1 - \left(1 - P_1\right)^{p_{21} x_1}\right) + V_2 \left(1 - \left(1 - P_2\right)^{p_{22} x_2}\right) + V_3 \left(1 - \left(1 - P_3\right)^{p_{23} x_3}\right), \tag{5}$$

приоритет важности V_i рассчитывается с использованием следующего выражения

$$V_i = n_{2i} n_{3i} P_{3i}. \tag{6}$$

Решая (5) относительно x_i получим выражение вида:

$$x_i = \frac{1}{\left(1 + \dfrac{p_{21}\left|\ln\left(1 - P_1\right)\right|}{p_{22}\left|\ln\left(1 - P_2\right)\right|} + \dfrac{p_{21}\left|\ln\left(1 - P_1\right)\right|}{p_{23}\left|\ln\left(1 - P_3\right)\right|}\right)} \times$$
$$\left(n + \frac{1}{p_{22}\left|\ln\left(1 - P_2\right)\right|} \ln \frac{n_{32} p_{32}}{n_{31} p_{31}} + \frac{1}{p_{22}\left|\ln\left(1 - P_2\right)\right|} \ln \frac{n_{32} p_{32}}{n_{31} p_{31}}\right). \tag{7}$$

На основе (7) получим обобщенное выражение вида (8).

$$x_j = \frac{1}{\sum\limits_{i=1}^{S} \dfrac{p_{2j}\left|\ln\left(1 - P_j\right)\right|}{p_{2i}\left|\ln\left(1 - P_i\right)\right|}} \times \left(n + \sum_{i \neq j}^{S} \frac{1}{p_{2i}\left|\ln\left(1 - P_i\right)\right|} \ln \frac{n_{3i} p_{3i}}{n_{3j} p_{3j}}\right), \ j = 1,...S. \tag{8}$$

Величина ущерба, наносимого объектам удара в элементарных единицах целей определяется выражением (9)

$$m_i = \frac{V_i\left(1-(1-p_{1i})^{p_{2i}x_i}\right)}{n_{3i}p_{3i}}. \qquad (9)$$

3. Апробация математической модели

Рассмотрим корректность использования предложенной математической модели применительно к поставленной выше задаче и априорным условиям, представленных в таблице ниже.

Таблица

Боевые потенциалы

Боевой потенциал подразделения УБпЛА				
Количество УБпЛА, n	Тип групповых целей	Количество АСП на УБпЛА, n_1	Вероятность поражения цели 1 средством поражения УБпЛА, P_{1i}	Вероятность преодоления ПВО группы УБпЛА, P_{2i}
24	A	4	0,30	0,70
	B	4	0,40	0,75
	C	4	0,50	0,80
Боевой потенциал групповых целей				
Тип групповых целей	Количество однотипных единиц целей в каждой группе, n_{2i}	Количество средств поражения УБпЛА, установленных на каждой единице техники (штатных средств) групповой цели n_{3i}	Вероят-ность поражения цели 1 средством поражения УБпЛА, P_{1i}	Вероят-ность преодоления ПВО группы УБпЛА, P_{2i}
A	10	4	0,30	0,70
B	12	4	0,40	0,75
C	10	4	0,50	0,80

В результате расчета, с использованием выражений (2), (7), оптимальным вектором распределением УБпЛА по объектам групповых

целей является вектор $X = (8{,}31;\ 8{,}19;\ 7{,}49) \approx (8;\ 8;\ 8)$. Сумма элементов вектора равна 24, это указывает на корректность решения поставленной задачи.

Применительно к полученному вектору распределению УБпЛА величина функции ущерба F, рассчитанная с использованием выражения (5), максимальна, равна $14{,}01 \approx 14$, что составляет 56% суммарного боевого потенциала трех группировок противоборствующей стороны.

Математическое ожидание потерь в элементарных единицах целей составят: группа А – 5 единиц; группа В – 7 единиц; группа С – 7 единиц.

Отклонение от расчетного вектора распределения X приводит к уменьшению величины функции ущерба.

Заключение

Математическая модель на основе метода оптимизации аддитивной функции может быть использована для решения задач оптимального распределения сил подразделения УБпЛА по групповым целям противоборствующей стороны.

Математическая модель может быть реализована в пакете прикладных программ поддержки принятия решения, предназначенных для командиров подразделений БпЛА.

Список литературы

1. Иванов, П.И. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле : учебник / П.И. Иванов и др. – Монино : Военно-воздушная академия, 1991. – 512 с.

2. Кирилов, В.И. Теория боевой эффективности и исследование операций : учебник / В.И. Кирилов, Грошев В.Н. – Монино : Военно-воздушная академия, 1962. – 276 с.

Информационная система оценки распределения внимания операторов в условиях группового управления

Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru [1]
С. В. Борзунов, email: borzunov@cs.vsu.ru [2]
В. Ю. Алексеев [1]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Аннотация. *Разработан прототип информационной системы мониторинга распределения внимания группы операторов. Система продемонстрировала устойчивый захват изображения пользователя при различных типах освещения, параметров движения головы и движения глаз. В настоящее время прототип информационной системы обеспечивает интеграцию данных от трёх пользователей, информируя об особенностях распределения их внимания, включая недопустимое по правилам работы сосредоточение внимания только на одной области.* *Работа поддержана грантом РФФИ 19-07-01037А.*

Ключевые слова: *эргатическая система, окулографический интерфейс, распределение внимания.*

Введение

Концепция каналов дополнительного управления человек-компьютер подразумевает наличие широкого спектра программно-аппаратных решений, обеспечивающих детекцию и передачу сигналов, формирующих команды управления, от человека к компьютеру или управляемым им устройствам. Одним из перспективных комплексов этого класса является так называемый окулографический интерфейс, сущность работы которого состоит в оценке положения зрачка, который в данном случае, играет роль джойстика, с последующей передачей команд в графический интерфейс. В настоящее время имеется три основных подхода к созданию данного класса устройств [1, 2]. Электроокулографический, являясь контактным, подразумевает регистрацию электрической оси глаза, которая совпадает с оптической осью, но при этом требователен к качеству электродов и их контактов с кожей. Видеоокулографический бесконтактно обрабатывает изображение полученное видеокамерой, однако, требует мощных вычислительных ресурсов уже на этапе обработки изображения, не говоря про наличие качественных видеокамер. От перечисленных выше недостатков

© Туровский Я. А., Борзунов С. В., Алексеев В. Ю., 2022

освобождён оптикоокулографический метод, заключающийся в регистрации фототранзистором или фоторезистором сигнала, представляющего собой блики роговицы и сетчатки. На этом этапе достаточно феноменологического соотнесения полученных сигналов с теми или иными положениями зрачка, и соответственно команды. Однако, развитие технологии требует на определённом этапе перехода к определению направления взгляда пользователя на карте области где он находится. При этом подходы, на которых основаны коммерческие решения eye-trackig, не могут быть признаны приемлемыми. Совмещение карты и направления взгляда требует, в конечном итоге ручной обработки полученных результатов. Естественно, в этом случае ни о каком реальном масштабе времени речь не идёт. Следовательно, задачей очередного этапа развития технологий окулографических интерфейсов становится создание системы определения взаимодействия направления взгляда пользователя с картой местности в реальном масштабе времени [3,4].

При этом появление такой технологии позволит существенно расширить и область применения самого трекинга взгляда, обобщив его с отдельного пользователя на группу пользователей. Подобный подход может быть применён в первую очередь в системах безопасности и контроля состояния группы операторов на опасных производствах. Действительно, в ряде случаев возможны ситуации, когда внимание части операторов будет отвлечено на какие-либо другие сигналы общей панели управления, а другие области данной панели останутся без внимания. Автоматизированный контроль подобных ситуаций позволит контролировать полный охват операторами смены всей поступающей информации.

Таким образом, целью работы было создание прототипа информационной системы мониторинга распределения внимания группы операторов.

Функционал информационной системы

В общем случае рассматривается такая эргономика консолей оператора, при которой имеется индивидуальная консоль и общая консоль или индикаторная панель для всех операторов. Указанная схема неоднократно отработана, например, на ряде электростанций, и, в разных вариациях является типовой [5,6]. При этом оператор, как правило, находится в своем кресле и не перемещается, при работе между консолями. Таким образом, в разработке, при которой система должна иметь возможность мониторинга распределения внимания группы пользователей, должен быть модуль оценки направления взгляда, исходя из положения зрачков пользователя и положения головы пользователя, модуль отвечающий за картирование окружающего пространства, для

определения физических объектов, куда направлен взгляд пользователя, модуль агрегации информации о разных пользователей.

Блок-схема разработанной информационной системы представлена на рис 1.

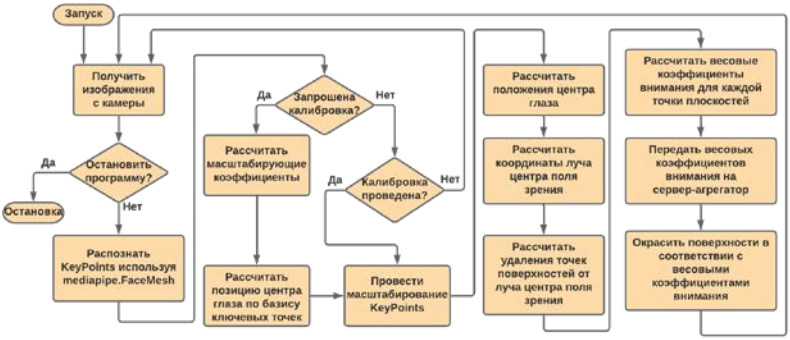


Рис. 1. Блок-схема модуля, обеспечивающего контроль положения головы и зрачка пользователя

Согласно рис. 1, расчет после проведения калибровки ведётся на основе оценки расположения центра глаза и координат зрачка. Полученные точки формировали луч, вокруг которого формировалась область, которая с заданной точностью формировала область в пространстве карты, которая оценивалась как область внимания пользователя. Данные передавались на сервер с минимальной временной задержкой локальной сети.



Рис. 2. Блок-схема модуля, обеспечивающего агрегацию информации о распределении информации с клиентов

Серверное приложение обеспечивало по факту поступления данных от подключенных клиентов добавление информации в уже собранные данные о других пользователях, выведение агрегированных данных оператору-супервайзеру (см. рис. 2).

Заключение

По итогам тестирования системы показан устойчивый захват изображения пользователя при различных типах освещения, параметров движения головы и движения глаз. Прототип информационной системы обеспечивает в настоящее время интеграцию данных от трёх пользователей, информируя об особенностях распределения их внимания, включая недопустимое по правилам работы сосредоточение внимания только на одной области. Дальнейшее развитие информационной системы связано с увеличением числа подключаемых пользователей, добавлением возможности учёта анатомических особенностей лица и сопровождение взгляда пользователя при повороте головы от камеры на большой угол.

Список литературы

1. Carter B. T. Best practices in eye tracking research / B.T. Carter, S.G. Luke // International Journal of Psychophysiology. – 2020. – V. 155. – Pp. 49-62. – DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010
2. Suefusa K. A comparison study of visually stimulated brain-computer and eye-tracking interfaces / K. Suefusa, T. Tanaka // Journal of Neural Engineering. – 2017. – V. 14 (3). – Pp. 036009-1–036009-16. – DOI:10.1088/1741-2552/aa6086
3. Туровский Я. А. Анализ движения глаз человека при управлении самоходным шасси с использованием системы видеоокулографического интерфейса / Я.А. Туровский, С.Д. Кургалин, А.В. Алексеев // Сенсорные системы. – 2017. – Т. 31, №1. – С. 51-58.
4. Оценка особенностей распределения внимания операторов с помощью методики стационарного айтрекинга / А.А. Благинин, С.Н. Синельников, И.О. Натуральников [и др.] // Вестник психофизиологии. – 2019. – № 3. – С. 89-91.
5. Алтунин В. К. Обучающие системы и тренажеры / В.К. Алтунин // Приборы и системы управления. – 1996. – № 6. – С. 56-61.
6. Журавлев, С. К. Разработка полномасштабного тренажера энергоблока 800 МВт / С. К. Журавлев, А. М. Андреев // Теплоэнергетика. – 2013. – № 7. – С. 71. – DOI10.1134/S0040363613070163.

Сравнительная оценка эффективности методов машинного обучения в прогнозе работы окулографического интерфейса

Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru [1,2]
С. В. Борзунов, email: borzunov@cs.vsu.ru [1]
В. Ю. Алексеев [1]
Л. Г. Мурадова [1]
А. П. Миронкин [1]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН

Аннотация. *Одним из базовых механизмов разработки эргатических систем является оценка эффективности работы оператора с управляемым объектом. Используются разные шкалы оценивания, отражающие скорость, точность и эргономичность предлагаемого программно-аппаратного решения. Одним из перспективных интерфейсов, реализующих концепцию дополненного управления, т.е. управления, расширяющего возможности существующих функций, относится окулографический интерфейс. В основу данной технологии положена детекция координат зрачка и оценка его движений, формирующих те или иные команды на устройства эффекторы. В настоящей работе реализована простая схема управления самоходным шасси с использованием окулографического интерфейса, обеспечивающая работу дискретного канала передачи команд. Для прогноза эффективности работы оператора использовались методы машинного обучения. Показано, что для прогноза эффективности освоения оператором данной технологии лучше использовать либо многослойные перцептроны с возрастающими функциями активации, либо метод опорных векторов.*

Ключевые слова: *эргатическая система, окулографический интерфейс, метод k-ближайших соседей, задача классификации.*

Введение

Одним из базовых механизмов разработки эргатических систем является оценка эффективности работы оператора с управляемым объектом. При этом возможно использовать разные шкалы оценивания, отражающие скорость, точность и эргономичность предлагаемого программно-аппаратного решения. Одним из перспективный интерфейсов, реализующих концепцию дополненного управления, т.е.

© Туровский Я. А., Борзунов С. В., Алексеев В. Ю., Мурадова Л. Г., Миронкин А.П., 2022

управление к уже существующим функциям, расширяющий их возможности, относится окулографический интерфейс (ОИ) [1]. В основу данной технологии положена детекция координат зрачка и оценка его движений, формирующих те или иные команды на устройства эффекторы. Эксперименты показали, что интерфейс обладает достаточно высокой скоростью и точность, по сравнению с интерфейсами мозг-компьютер и миографическими интерфейсами. В тоже время, эта технология имеет те же сложности во внедрении, что и указанные выше альтернативные интерфейсы человек-компьютер. Одной из таких сложностей является высокая дисперсия пользователей по параметру скорости и точности овладения данным устройством [2]. Это в свою очередь порождает необходимость как поиска новых алгоритмов управления, так и оценки паттернов, генерируемых пользователем с точки формирования контура управления. Одним из ключевых элементов как алгоритмов непосредственного управления в рамках ОИ, так и в рамках отбора операторов для эффективной работы в данной эргатической системе являются алгоритмы классификации и регрессии данных. Обоснованный выбор этих алгоритмов позволяет качественно улучшить работу ОИ. Таким образом, актуальным представляется определение эффективности алгоритмов классификации не аналитически, а на эмпирических данных, полученных в ходе работы оптико-окулографического интерфейса.

1. Материалы и методы

В исследовании приняли участие 30 человек обоего пола (19 юношей и 11 девушек) в возрасте от 18 до 24 лет. В ходе работы испытуемый управлял самоходным шасси. Самоходному шасси, управляемому испытуемым, необходимо объехать два препятствия, не задев ни одного из них, совершив манёвр в виде цифры “8”. Испытуемый мог подавать команды “вперёд”, “назад”, “вправо”, “влево” или “нейтраль” (когда самоходное шасси не двигалось с места, не выполняло каких-либо манёвров). При этом команды пользователя транслировались аппаратной частью на шасси последовательно и дискретно. В качестве препятствий движению использовались белые пластиковые цилиндры высотой 75 см и диаметром 50 см. Начальный поворот вправо или влево испытуемый выбирал самостоятельно, без каких-либо инструкций. Вернувшись на исходную позицию, ему необходимо было остановиться и развернуть самоходное шасси на 180°, т.е. вернуть его в то же положение, с которого начинался эксперимент.

В ходе исследования во всех заездах на голову испытуемого и на каркас самоходного движущегося кресла прикреплялись датчики положения, единовременно считывающие данные о линейном и угловом

ускорении с частотой дискретизации 24.9 Гц. Передаваемые через COM-порт на компьютер данные содержали информацию о моментальном линейном ускорении и кватернионе вращения относительно позиции калибровки датчика конкретного. В ходе получения данных с любого из каналов производилось сглаживание показаний методом взвешенного скользящего среднего. Пользователем задавался набор весов w_{ij}, которые в процессе загрузки в программу нормировались:

$$\sum_j w_{ij} = 1.$$

Поступающие с каждого из каналов данные подвергались процедуре сглаживания:

$$d^i = \sum_j w_{ij} d^j_{raw}.$$

Так как перед заездом требовалось настроить систему под индивидуальные особенности конкретного испытуемого, проводилась калибровка. Данный процесс необходим для сопоставления координат зрачка с координатами экрана.

Перед калибровкой были заданы следующие параметры: расстояние пользователя до экрана (см), размеры экрана (ширина и высота (см)).

На рис. 1 представлена история показаний датчиков, включающих в себя данные окулографии (вверху) показателей движения самоходного шасси (в центре) и движения головы (внизу).

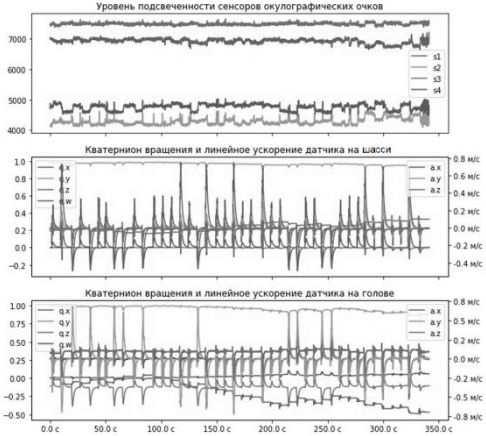


Рис. 1. Пример показаний датчиков ОИ при управлении самоходным шасси

При проведении эксперимента испытуемому отводилось 10 мин на заезды с использованием окулографического интерфейса. Каждый испытуемый осуществлял три заезда. Если он не успевал выполнить задания заезда в установленное время, то считалось, что исход заезда неудачен.

Помимо требования выполнения временного лимита нельзя было при движении задевать ни один из цилиндров, обозначавших трассу движения. В случае, если испытуемый всё же задевал хотя бы один цилиндр, но при этом укладывался во временной лимит, считалось, что заезд завершён успешно, но со “штрафом”.

Таким образом, в настоящей работе реализована достаточно простая схема управления самоходным шасси с использованием окулографического интерфейса, обеспечивающая тем не менее работу дискретного канала передачи команд при использовании интерфейса “человек-компьютер”.

2. Результаты применения методов машинного обучения

Задача сводится к построению регрессионной модели, оценивающей число команд, затраченных пользователем на достижение цели. Поскольку время выполнения команды было одинаковым, то число команд несёт информацию о времени, затраченном пользователем, которое включает в себя как правильно поданные и распознанные ОИ команды, так и ошибочные команды, которые потом пользователю необходимо было исправить для достижения результата. В качестве классификаторов использовались многослойные перцептрон с числом нейронов скрытого слоя от 4 до 50, и как с возрастающими, так и с радиальными базисными функциями [3], метод *k*-ближайших соседей [4], метод опорных векторов [5]. В качестве меры построенной модели использовалось среднеквадратичное отклонение.

1. По результатам исследования наиболее точный прогноз давали многослойные перцептроны с возрастающей функцией активации (среднеквадратическая ошибка оценивания составила 6.4 команды), практически не отличались показатели, полученные с использованием метода опорных векторов (7.2) (см. рис. 2-4). Статистически значимо хуже был прогноз на основе метода *k*-ближайших соседей (13.5), и самые худшие показатели продемонстрировали перцептроны с радиальными базисными функциями (19.8).

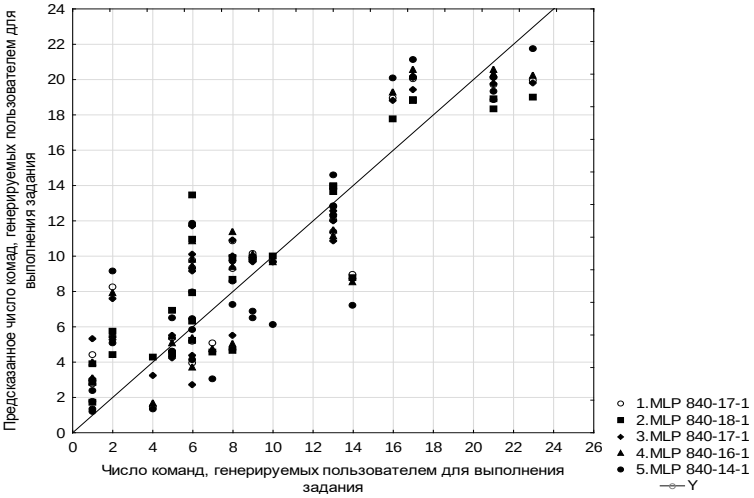


Рис. 2. Результаты работы пяти лучших нейросетей топологии многослойного перцептрона с возрастающими функциями активации. Примечание: характеристики сети имеют вид «число нейронов входного слоя»-«число нейронов скрытого слоя»-«число нейронов выходного слоя»

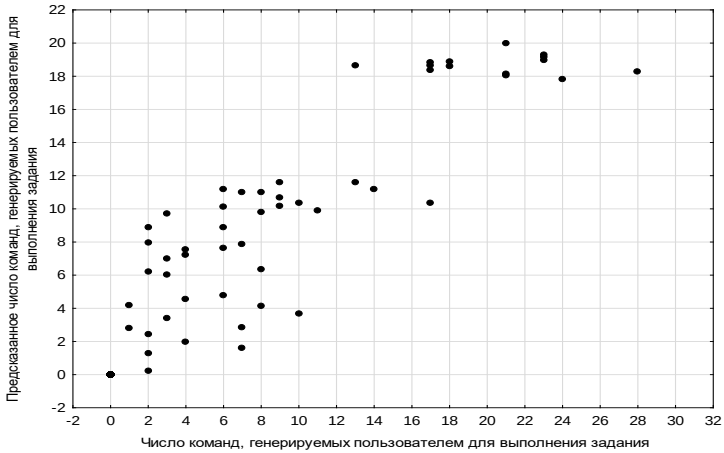


Рис. 3. Результаты предсказания на основе метода опорных векторов

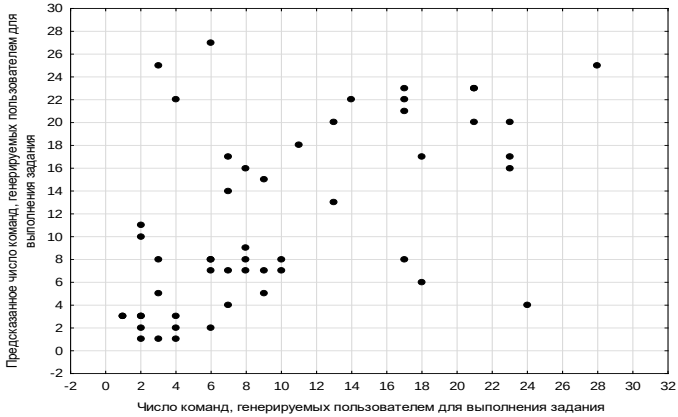


Рис. 4. Результаты предсказания на основе метода *k*-ближайших соседей

Заключение

Реализована схема управления самоходным шасси с использованием оптико-окулографического интерфейса, обеспечивающая работу дискретного канала передачи команд в режиме управления самоходным шасси. Для прогноза эффективности работы оператора с данный интерфейсом использовались методы машинного обучения. Показано, что для прогноза эффективности освоения оператором данной технологии лучше использовать либо многослойные перцептроны с возрастающими функциями активации, либо метод опорных векторов.

Работа поддержана грантом РФФИ 19-07-01037А.

Список литературы

1. Suefusa K. A comparison study of visually stimulated brain-computer and eye-tracking interfaces / K. Suefusa, T. Tanaka // Journal of Neural Engineering, 2017. – V. 14 (3). – Pp. 036009-1–036009-16.

2. Информационные потоки при формировании дополнительного канала обратной связи для интерфейса мозг-компьютер / Я.А. Туровский, С.Д. Кургалин, А.А. Вахтин, С.В. Борзунов, А.В. Алексеев // Технологии живых систем. – 2016. – Т. 13. – № 7. – С. 34-40.

3. Blum A. Foundations of Data Science / A. Blum, J. Hopcroft, R. Kannan. – Cambridge University Press, 2020. – viii, 424 p.

4. Cover T. M. Nearest neighbor pattern classification / T. M. Cover, P. E. Hart // IEEE Transactions on Information Theory, 1967. – V. 13 (1). – Pp. 21-27.

5. Вьюгин В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – Москва : МЦМНО. – 2013. – 390 с.

Комплексное использование графических фигур при разработке метеорологических прогнозов

И. И. Ульшин, e-mail: ulshin@rambler.ru
А. В. Соловьев, e-mail: av-solovev@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлен способ прогнозирования дальности видимости в районах с низкой плотностью гидрометеорологических станций с применением графических фигур фиксированной длины. Для повышения оправдываемости прогнозов выполнена процедура адаптация полученных фигур с учетом направления ведущего потока, синоптической ситуации, сезона года и явлений погоды. При неоднозначности выбора прогностического заключения применялась комплексация графических фигур дальности видимости и атмосферного давления. Проведен сравнительный анализ успешности прогнозирования предложенным и существующими способами.*

Ключевые слова: *Графическая фигура фиксированной длины, элемент паттерна, временные ряды, прогностический исход, условная вероятность, дальность видимости, технический анализ, комбинаторика, теория вероятностей, комплексный подход.*

Введение

Прогностическая информация о метеорологических условиях, в том числе о метеорологической дальности видимости (МДВ), требуется различным потребителям при осуществлении повседневной деятельности [1]. Особенно необходим ее учет при выполнении поисково-спасательных работ, производстве авиационных перелетов, организации наземного транспортного сообщения, судоходства и т.д. В условиях плохой видимости повышается время обнаружения терпящих бедствие, снижается безопасность полетов из-за потери ориентации в пространстве, увеличивается время реакции водителя, а также риск столкновения кораблей.

Стоит отметить, что для МДВ (x) свойственны широкий диапазон изменчивости и короткие промежутки времени между переходами от максимальных к минимальным значениям (рис. 1). По этой причине данный атмосферный параметр сложно прогнозировать с

© Ульшин И. И., Соловьев А. В., 2022

использованием существующих методов, особенно в районах с низкой плотностью гидрометеорологических станций [2, 3]. К подобному типу можно отнести территории Арктической зоны, Северного и Южного Урала, Сибири и Дальнего Востока.

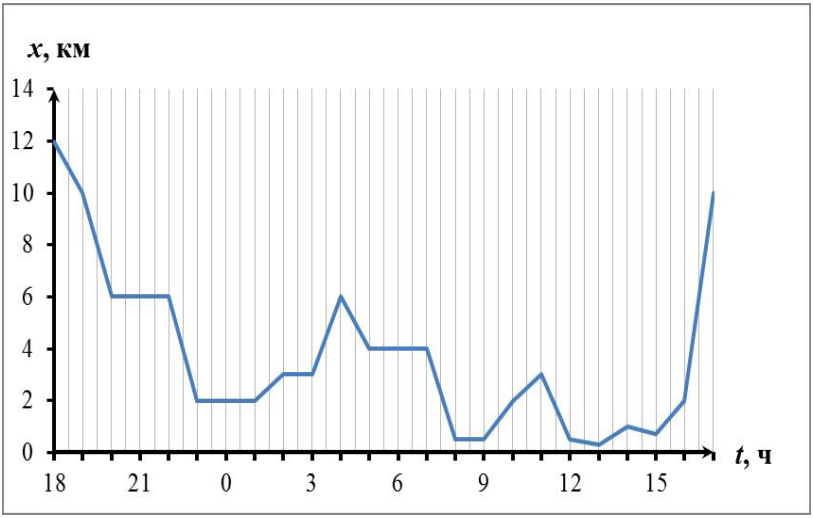


Рис. 1. График суточного хода дальности видимости в январе на аэродроме «Рогачево»

Для повышения оправдываемости прогнозов дальности видимости в районах с разреженной сетью гидрометеорологических станций предложен способ на основе графических фигур (паттернов) фиксированной длины.

1. Метеорологическая прогностическая модель на основе паттернов фиксированной длины

Для использования в прогностических целях в работе были рассмотрены графические фигуры технического анализа [3]. Суть данного подхода заключается в выявлении и последующем использовании закономерностей поведения временных рядов исследуемых величин на основе исторического опыта. Пример типовых графических фигур представлен на рис. 2. Следует учитывать, что методы технического анализа разрабатывались для решения экономических задач и не могут быть использованы в явном виде при разработке метеорологических прогнозов [4].

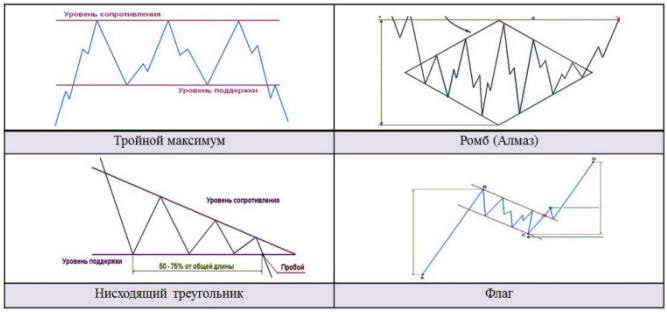


Рис. 2. Основные графические фигуры, используемые в финансовой аналитике

Поэтому в ходе исследования был реализован принципиально иной способ построения и использования паттернов с учетом метеорологической специфики, а также теоретических положений комбинаторики, теории вероятности и математической статистики, анализу временных рядов, теории больших чисел [5-9].

В процессе выполненного анализа метеорологического временного ряда $\Delta X=\{\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \ldots, \Delta x_n\}$ (в рассматриваемом случае – МДВ) были получены графические фигуры фиксированной длины. Подобные паттерны представляют собой график изменения значений атмосферного параметра за несколько сроков наблюдений (рис. 3) [10].

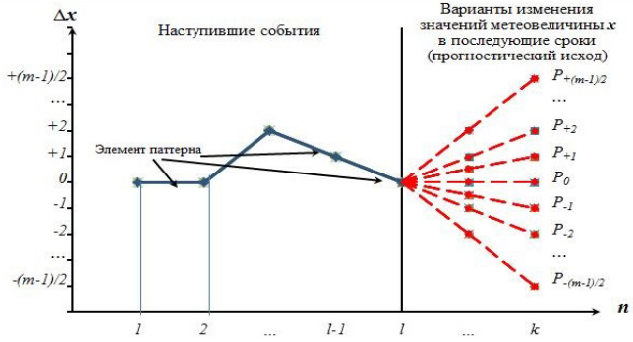


Рис. 3. Схема графической фигуры фиксированной длины метеорологической величины

При завершении формировании графической фигуры в момент времени l (длина графической фигуры) появлялась возможность

выработки прогностического заключения на период k. Для этого, исходя из соответствующих условных вероятностей $P_{+(m-1)/2}, \ldots, P_{+2}, P_{+1}, P_0, P_{-1}, P_{-2}, \ldots, P_{-(m-1)/2}$, выбирался один из m вариантов изменения значения атмосферного параметра Δx.

Поскольку ход метеорологических величин по времени является непрерывным, для возможности построения графических фигур выполнялась процедура дискретизации значений хронологического ряда на основе таблиц перехода от градаций элементов паттерна к номерным обозначениям. Пример подобного вида таблицы для метеорологической дальности видимости представлен в табл. 1.

Таблица 2

Градации элементов графических фигур МДВ с их обозначениями

№	Градации изменений МДВ между сроками	Примерная середина градации	Номерное обозначение
1	(–500;+500)	0	«z1=0»
2	[–500;–1500]	–1000	«z2=–1»
3	(–1500;–2500)	–2000	«z3=–2»
4	[–2500;–3500]	–3000	«z4=–3»
5	(–∞;–3500)	–4000	«z5=–4»
6	[+500;+1500]	+1000	«z6=+1»
7	(+1500;+ ∞)	+2000	«z7=+2»

Структурирование прогностической метеорологической модели на основе паттернов фиксированной длины выполнялось следующим образом. Первоначально с использованием введенной системы обозначений были сформированы (пример представлен в табл. 1) и сведены в матрицу (1) все теоретически возможные графические фигуры.

$$\mathbf{D} = \left[D_1 : \ldots : D_s\right] = \left(d_{i,j}\right)_{i,j=1}^{s,l} = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \ldots & d_{1,l} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \ldots & d_{2,l} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ d_{s,1} & d_{s,2} & \ldots & d_{s,l} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где $d_{i,j}$ – элемент паттерна; D_i – i -я теоретически возможная графическая фигура длины l при $1 < i < s$; s – количество выявленных фигур на временном ряде.

Далее была выполнена процедура идентификации полученных фигур на фактическом ряде наблюдений, с последующим объединением в совокупность, представленной в виде выражения (2).

$$\mathbf{U} = \left[U_1 : \ldots : U_{n-1}\right] = \left(u_{i,j}\right)_{i,j=1}^{n-1,l} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \ldots & u_{1l} \\ u_{21} & u_{22} & \ldots & u_{2l} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ u_{(n-1)1} & u_{(n-1)2} & \ldots & u_{(n-1)l} \end{bmatrix} \quad (2)$$

где u_{ij} – j -й элемент i -го паттерна; U_i – i -я теоретически возможная графическая фигура длины l при $1 < i < s$.

По полученной матрице (2) определялась абсолютная частота появления выявленных графических фигур. Вычисление рассматриваемых ранее условных вероятностей выполнялось с использованием уравнения (3).

$$\forall (l-k) \geq 2, i = 1, 2, \ldots, s \Rightarrow$$
$$P_k\left(d_i \mid D_{Ti}\right) = \frac{P_k\left(D_i\right)}{P_k\left(D_{Ti}\right)} \quad (3)$$

где D_{Ti} – i - я прогностическая графическая фигура длины $(l-k)$, n_i (n_{Ti}) – абсолютная частота появления фигуры D_i (D_i).

Значения полученных вероятностей были сведены в таблицы для каждого прогностического периода.

Определение ожидаемого события выполнялось с помощью выражения (4).

$$P_k\left(d_{npi}\right) = \max\left\{P_k\left(d_1 \mid D_{Ti}\right), P_k\left(d_2 \mid D_{Ti}\right), \ldots \right.$$
$$\left. \ldots, P_k\left(d_j \mid D_{Ti}\right), \ldots, P_k\left(d_m \mid D_{Ti}\right)\right\} \Rightarrow d_{npi} = d_j, \quad (4)$$
$$npu \quad i = 1, 2, \ldots, s, \; j = 1, 2, \ldots, m,$$

где $P_k\left(d_{npi}\right)$ – вероятность наступления исхода d_{npi} в k - м периоде прогноза.

На основе полученного результата проводился расчет прогностического значения метеорологической величины x_k с использованием уравнения (5).

$$x_k = x_0 + \left(m^*_{\Delta x} + d \cdot \sigma^*_{\Delta x} \right), \quad (5)$$

где x_0 – значение метеовеличины в исходный срок наблюдения, $(m^*_{\Delta x} + d_{np\ i} \cdot \sigma^*_{\Delta x})$ – серединное значение прогностической градации, $m^*_{\Delta x}$, $\sigma^*_{\Delta x}$ – оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения ряда $\Delta X = \{ \Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \ldots, \Delta x_n \}$.

В дальнейших исследованиях использовались метеоданные по акватории Баренцева моря и прилегающей территории. Выбор этого района для проведения исследований обусловлен разреженной сетью гидрометеорологических станций и частым наступлением сложных метеоусловий, связанных с явлениями погоды, ухудшающих дальность видимости.

При определении оптимальной длины графической фигуры МДВ были рассчитаны общая оправдываемость прогнозирования и средняя абсолютная ошибка. Наилучшие результаты для прогнозов с заблаговременностью до 9 часов были получены при использовании паттернов длиной в 5 сроков наблюдений.

2. Адаптация и комплексация графических фигур фиксированной длины

На следующем этапе работы рассматривалось разделение графических фигур на подгруппы с учетом направления ведущего потока, сезона и синоптической ситуации, и явлений погоды непосредственно для территории Баренцева моря. При этом были рассмотрены западное, северо-западное, северное, северо-восточное направления ведущего потока, зимний, летний и переходный периоды года, циклоническая, антициклоническая активность и малоградиентное поле. Явления погоды были представлены в виде 4 основных групп: дымки (туманы); кристаллообразные осадки; осадки в жидкой форме; метель (поземок, бури).

Пример применения адаптации к графической фигуре МДВ изображен на рис. 4.

Выполнение данной процедуры позволяло более детализировано оценить особенности структуры метеорологических временных рядов, что способствовало повышению оправдываемости прогнозов значений МДВ.

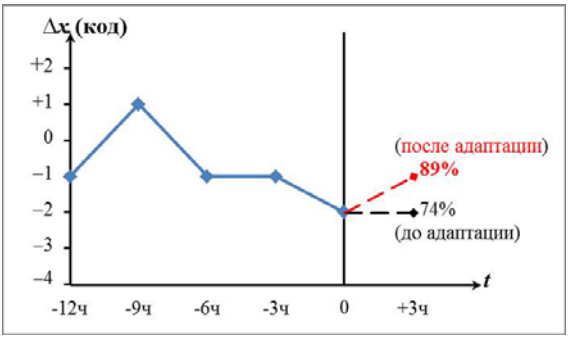


Рис. 4. Коррекция прогностического значения дальности видимости с использованием адаптации

При неоднозначности наступления ожидаемого события, определяемого по условной вероятности, решение принималось при помощи комплексации графических фигур с учетом тенденции атмосферного давления. Схема использования данной процедуры представлена на рис. 5.

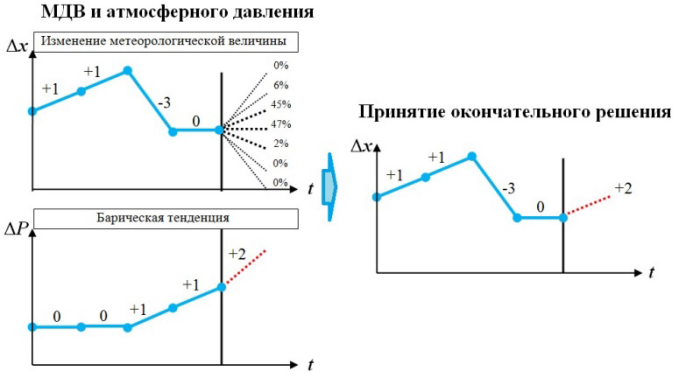


Рис. 5. Коррекция прогностического значения дальности видимости с использованием комплексации фигур с учетом барической тенденции

В этом случае параллельно формировались графические фигуры по результатам наблюдений за видимостью и атмосферным давлением. При этом условные вероятности возможных исходов определялись с учетом сопоставления графических фигур используемых атмосферных параметров. На момент разработки окончательного прогностического

заключения производилась коррекция ожидаемого события, что повышало успешность разрабатываемых прогнозов.

3. Результаты исследования и сравнительный анализ

Для оценки успешности предложенного подхода к прогнозированию значений МДВ был выполнен сравнительный анализ. В качестве опорных методов рассматривались авторегрессионный и инерционный способы. При проведении анализа использовались архивные данные наблюдений за погодой на метеостанции 22095 (о. Колгуев). Для оценки успешности прогнозов применялись такие критерии как общая оправдываемость и средняя абсолютная ошибка, полученные с помощью выражений, представленных в «Методических указаний по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов» (РД 52.27.284-91) [11]. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 3

Значения критериев успешности прогнозирования для анализируемых способов

Способ прогноза	**Критерий успешности**	
	Общая оправдываемость	**Средняя абсолютная ошибка, м**
С заблаговременностью до 3 часов		
Графические фигуры фиксированной длины	84%	863
Инерционный подход	75%	1076
Авторегрессия	78%	972
С заблаговременностью до 6 часов		
Графические фигуры фиксированной длины	82%	889
Инерционный подход	63%	1242
Авторегрессия	68%	1036
С заблаговременностью до 9 часов		
Графические фигуры фиксированной длины	81%	974
Инерционный подход	49%	1750
Авторегрессия	52%	1681

Критерии успешности прогнозов, разработанных с применением графических фигур и линейной тенденции с учетом дисконтирования, свидетельствуют о преимуществах предложенных методов. Общая оправдываемость повысилась на 9-32%, а средняя абсолютная ошибка уменьшилась на 109-776 м (в зависимости от заблаговременности прогнозов) по сравнению с существующими методами.

Заключение

В ходе проведенного исследования был практически реализован новый подход к предсказанию дальности видимости в районах с низкой плотностью метеорологических станций. В основу данного подхода положено использование графических фигур фиксированной длины как прогностического инструмента. Для снижения неопределенности выбора ожидаемого события были выполнены процедуры адаптации и комплексации полученных паттернов МДВ и атмосферного давления.

Использование адаптированных и прошедших комплексацию графических фигур позволяет существенно улучить критерии успешности прогнозирования метеорологических величин по сравнению с существующими способами.

Список литературы

1. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие / Г.И. Пиловец. – Москва: ИНФА-М, 2017. – 399 с.

2. Панин, Б.Д. Численные методы прогноза погоды / Б.Д. Панин, П.Н. Белов, Е.П. Борисенков. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1989. – 376 с.

3. Линькова, М.В. Технический анализ: понятие, сущность и аксиомы // Территория науки, 2016. – № 3. – С. 179–182.

4. Алейникова, Н.А. Разработка стохастических моделей прогнозирования на основе количественной интерпретации методов технического анализа : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 05.13.18 / Алейникова Н.А.; [Место защиты: Воронеж. гос. технол. акад.]. – Воронеж, 2003. – 123 с.

5. Математическое моделирование и дифференциальные уравнения : учебное пособие для магистрантов всех направлений подготовки / М.Е. Семенов [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. – 149 с.

6. Монсик, В.Б. Вероятность и статистика: учеб. пособие / А.А. Скрынников; В.Б. Монсик.– 4-е изд. (эл.). – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 384 с.

7. Айвазян, С.А. Эконометрика-2: продвинутый курс с приложениями в финансах: учебник / С.А. Айвазян, Д. Фантаццини. – Москва: Магистр: Инфра-М, 2014. – 944 с.

8. Forbes, C. Statistical Distributions. 4th ed./ C. Forbes, M. Evans, N. Hastings, B. Peacock.– N. Y.: John Wiley & Sons, 2011. – 231 p.

9. Матвеев, М.Г. Верификация процесса конвективной диффузии на основе анализа многомерных временных рядов / М.Г. Матвеев, Е.А. Сирота, М.Е. Семенов // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных: сборник научных трудов XIX Международной конференции DAMDID / RCDL'2017 (10–13 октября 2017 года, г. Москва, МГУ, Россия). – Москва, 2017. – С. 433-437.

10. Соловьев, А. В. Использование инструментов технического анализа при разработке агрометеорологических прогнозов / И. И. Ульшин, А. Г. Буховец // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (69). – С. 149-155. DOI:10.17238.

11. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91) / под ред. В.И. Кузьменко. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1991. – 151 с.

Методика расчета времени рассеивания адвективного тумана в южных районах Приморского края

Д. В. Черепанов, email:cherepanov.77@yandex.ru,
Н. Е. Барсуков, А. А. Гордеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлена методика расчета времени рассеивания адвективных туманов в весенне-летний период для прибрежных районов юга Приморского края.*

Ключевые слова: *адвективные туманы, прогноз туманов, рассеяние тумана.*

Введение

Туманы и густые дымки создают условия очень сложные для посадки самолетов из-за резкого ухудшения видимости, а включение бортовых фар при полете в тумане ночью приводит к возникновению светового экрана, к потере пространственного положения. При полете внутри тумана становится затруднительным сохранение горизонтального положения самолета и есть опасность скольжения на крыло при сильном крене. Также затрудняется ориентировка, так как земли не видно, а пользование компасом в этом случае затруднительно и требует обязательного применения в дополнение к нему, указателей искусственного горизонта. Трудность полета в тумане в основном заключается в трудности сохранения равновесия самолета при невидимой земной поверхности. Видя землю и горизонт, летчик все время имеет возможность судить о нахождении самолета относительно горизонта по видимому положению самого самолета относительно земли и, следовательно, может вовремя предупредить действием управления непроизвольное нарушение равновесия самолета. При полете в тумане эта возможность пропадает и выступает весь риск внезапной потери равновесия самолета [2].

Значения метеорологической дальности видимости определяют минимумы аэродромов и возможность влета и посадки воздушных судов, а также возможность выполнения авиационных работ. От точности прогноза времени рассеивания тумана зависит оперативность выполнения поставленных задач, особую актуальность прогноз

© Черепанов Д. В., Барсуков Н. Е., Гордеев А. А., 2022

видимости приобретает при проведении авиационных работ на морских направлениях с привлечением авиации базирующейся на прибрежных аэродромах[3].

1. Условия образования адвективных туманов

Образованию адвективного тумана, часто предшествует безоблачная или малооблачная погода в области повышенного давления со слабыми ветрами. Чем продолжительнее был период выхолаживания почвы и нижнего слоя воздуха, тем интенсивнее происходит следующее за выхолаживанием повышение температуры в данном месте, когда начинается адвекция теплого влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. В результате охлаждения происходит насыщение теплого воздуха и возникает низкая облачность, переходящая в туман.

Вероятность возникновения адвективного тумана тем больше, чем больше разность между значениями температуры и точки росы перемещающегося теплого воздуха и воздуха в пункте прогноза в исходный срок, дефицит точки росы в теплом воздухе при этом не должен превышать 2°С при положительной температуре воздуха. Указанные значения дефицита точки росы в начале траектории характерны для случаев образования тумана при скорости ветра у поверхности земли не более 10 м/с. Чем больше скорость ветра, тем интенсивнее турбулентный обмен в нижнем слое и, следовательно, перенос продуктов конденсации в подинверсионный слой. Именно этот фактор является решающим для ответа на вопрос, возникнет ли в результате адвекции теплого воздуха туман или слоистые облака[4].

С синоптической точки зрения адвективные туманы наблюдаются преимущественно в западной части антициклона, в восточной части и теплом секторе циклона, где барический градиент имеет достаточную величину для адвекции влажного теплого воздуха[5].

Целью настоящей работы является создание методики расчета времени рассеивания адвективного тумана (улучшения метеорологической дальности видимости до значений более 1000 метров). В качестве примера рассматривались адвективные туманы, образующиеся на южном побережье Приморского края.

При разработке методики рассматривались только синоптические ситуации благоприятные для образования адвективного тумана (передняя часть циклона, теплый сектор циклона и западная периферия антициклона) в период с апреля по август месяц включительно.

Количество случаев возникновения адвективного тумана по месяцам, представлены на рис. 1.

Анализ рис. 1 показывает, что наибольшая повторяемость адвективных туманов, наблюдается в июле.

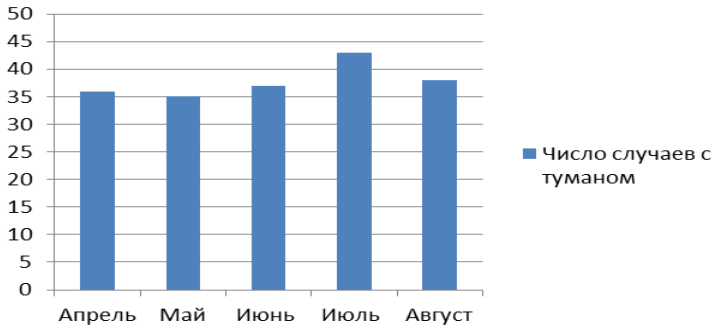


Рис. 1. Повторяемость дней с наличием адвективного тумана

2. Методика расчета времени рассеивания адвективного тумана

В основу методики было положено уравнение регрессии для расчета времени рассеивания тумана на прибрежных аэродромах[1]. Для его построения была сформирована архивная выборка объемом 189 случаев по результатам наблюдений в 2015-1019 гг. После отбора предикторов методом просеивания было получено уравнение регрессии для случаев образования тумана до восхода Солнца.

$$Y = 3,33 + 0,67\Delta t + 0,001S - 0,05T_0, \qquad (1)$$

где Y – время существования тумана с момента образования; Δt – промежуток времени от образования тумана до восхода Солнца; S – толщина слоя инверсии; T_0 – температура воздуха в момент образования тумана.

Для случаев, когда туман образовался после восхода Солнца, уравнение регрессии имеет вид.

$$Y = -0,09 - 0,005S + 0,01T_0 + 0,13\Delta T + 0,19N, \qquad (2)$$

где Y – время существования тумана с момента образования; S – толщина слоя инверсии; T_0 – температура воздуха в момент образования тумана; ΔT – разница температур на нижней и верхней границах инверсии; N – количество облачности нижнего яруса.

Результаты прогноза времени рассеивания тумана за 2015 год представлены на рис. 2 и 3.

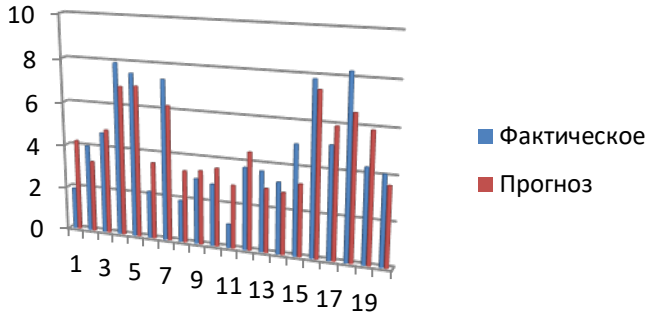


Рис. 2. Значения времени рассеивания тумана в случаях его образования до восхода Солнца за 2015 год.

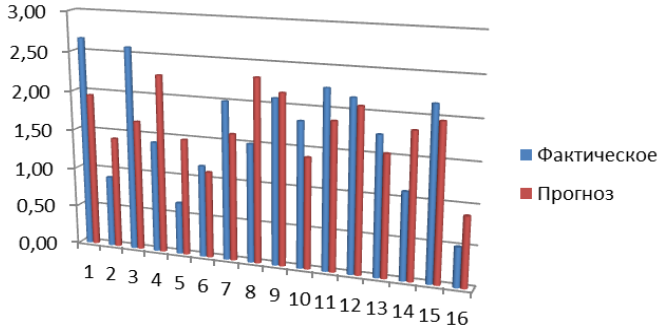


Рис. 3. Значения времени рассеивания тумана в случаях его образования после восхода Солнца за 2015 год.

Таблица

Критерии успешности прогноза

Тип выборки	Обучающая выборка		Контрольная выборка	
Критерии успешности	Туман образовался до восхода Солнца	Туман образовался после восхода Солнца	Туман образовался до восхода Солнца	Туман образовался после восхода Солнца
СКО	1,01	0,47	0,98	0,53
САО	1,16	0,55	1,17	0,63

Заключение

Оценка качества разработанной методики сводится к расчету критериев успешности количественных прогнозов.

В качестве оценки были выбраны такие критерии успешности, как: средняя абсолютная ошибка (δ), среднеквадратическое отклонение (σ) и коэффициент корреляции между прогнозируемыми и фактическими значениями. Рассчитаны следующие критерии точности: для случаев образования тумана до восхода Солнца (δ – 59 мин; σ – 1 час 10 мин; r=0,85), для случаев образования тумана после восхода Солнца (δ – 32 мин; σ – 34 мин; r=0,81).

Так же, очень важным фактором является то, что в ходе разработки прогноза были минимизированы ошибки пропуска по отношению к ошибкам ложной тревоги, что существенно улучшает возможность применения разработанного способа при обеспечении полетов.

Подводя итог проделанной работы, можно сделать вывод о том, что разработанная методика позволяет достаточно точно прогнозировать время рассеивания адвективного тумана и может быть применена метеорологическими подразделениями при обеспечении полетных заданий.

Список литературы

1. Ульшин И. И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебное пособие. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 187 с.

2. Баранов А. М., Солонин С. В. Авиационная метеорология. Гидрометеоиздат, 1981, – 186 с.

3. Дорофеев В.В., Готцев Д. В., Гедзенко Д. В., Сумин А. Н. «Методика оценки соответствия метеорологических условий выполнению полетов на авиационные работы». Естественные и технические науки № 11, 2017, С.137 -140Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология. Гидрометеоиздат, 1981, – 186 с.

4. Швер У. А. Климат Владивостока. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978, – 250 с.

5. Полякова О. О., Каплуненко Д. Д. Типы атмосферной циркуляции над северной частью Тихого океана и их изменчивость. // Изучение глобальных изменений на Дальнем Востоке/ ТИГ ДВО РАН. Владивосток, 2007, С. 141-150.

Определение статических параметров базовой станции LTE сети в точке приема радиосигнала

В. М. Чертков, email: v.chertkov@psu.by
Е. Р. Адамовский, email: e.adamovsky@psu.by
Р. П. Богуш, email: r.bogush@psu.by

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

Аннотация. *В работе рассмотрена модель определения статических параметров базовой станции сотовой сети LTE с восстановлением ресурсной сетки в точке приема радиосигнала.*

Ключевые слова: *динамический доступ к спектру, системы сотовой связи, радиосигнал LTE, OFDM-символ, базовая станция*

Введение

Стремительное развитие беспроводных систем передачи данных приводит к возникновению проблемы нехватки частотного ресурса из-за неэффективного и не всегда рационального его использования [1]. Следовательно, использование уже занятых частотных диапазонов, но свободных в конкретный момент времени, т.е. применение технологии динамического доступа к радиочастотному спектру, является актуальной задачей развития когнитивных систем связи [2]. На текущий момент стандарты для использования на вторичной основе лицензированных частот в диапазоне 1-3 ГГц не разработаны, что обусловлено более сложными правилами функционирования соответствующих систем связи. Поэтому, целью данной работы является реализация имитационной модели генератора данных от различных технологий радиодоступа системы сотовой связи LTE для определения статических параметров базовой станции сети, необходимых для дальнейших исследований оценки занятости спектральных полос и каналов в точке приема радиосигнала.

В сети сотовой связи LTE каждая базовая станция (БС) может динамически изменять формат кадра в нисходящей линии связи [3]. Поэтому прием, оценка статических параметров БС и восстановление ресурсной сетки по принимаемому радиосигналу является первоочередной задачей для разработки когнитивной системы связи на базе LTE. На рис. 1 представлена упрощённая блок-схема последовательности действий для решения данной задачи.

© Чертков В. М., Адамовский Е. Р., Богуш Р. П., 2022

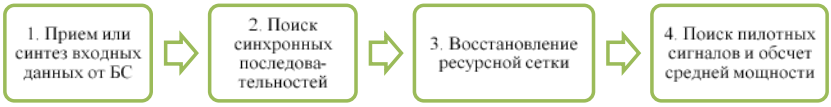


Рис. 1. Блок-схема этапов определения параметров БС и восстановления ресурсной сетки

В результате выполнения всех этапов формируется ресурсная сетка со значениями принятой мощности каждого ресурсного элемента и все статические параметры рассматриваемой базовой станции.

1. Синтез данных для имитации выходной информации приемника

В ходе выполнения данного этапа обеспечивается возможность генерации данных от нескольких БС и формирование единого радиосигнала. К основным параметрам БС сети LTE для генерации радиосигнала относятся: *ID* БС; число подкадров; идентификатор ресурсных блоков; номера кадра и субкадра; ширина канала; количество портов; циклический префикс; размеры каналов *PDCCH* и *PHICH;* режим доступа. Данные параметры задаются с помощью конфигурации эталонного измерительного канала для нисходящей линии связи посредством функции *lteRMCDL*(). В качестве аргументов к данной функции могут быть использованы значения эталонных каналов, описанных спецификацией TS 36.101. Каждый эталонный канал имеет собственные параметры БС. Основные статические параметры станции для каждого эталонного канала представлены в Приложении А.3 спецификации TS 36.101. Для формирования имитационного радиосигнала БС LTE используется функция *lteRMCDLTool*(), которая запускает приложение LTE Waveform Generator с заданной конфигурацией. Информационные биты, представляющие полезную нагрузку, передаются в виде массива ячеек, содержащего один или два вектора из битных значений, которые передаются в качестве аргумента функции. На последнем шаге имитируется шумовое воздействие на радиосигнал, путем наложения на него белого шума с коэффициентом воздействия (dB). Пример показан в листинге 1 (функция awgn()).

Листинг 1

Наложение шума на сигнал

```
% Наложение белого шума с заданным значением воздействия в dB
eNodeBOutput = awgn(eNodeBOutput, 50.0);
recive = eNodeBOutput;
% Отображение спектра принятого сигнала
spectrumAnalyzer(eNodeBOutput);
```

2. Поиск синхронных последовательностей в радиосигнале

Абонентское устройство (АУ), обеспечивающее прием радиосигнала, должно синхронизироваться с БС, чтобы осуществлять передачу и прием данных с помощью сигналов синхронизации [4]:

1. Первичная последовательность (PSS) для синхронизации по слотам и OFDM-символам, а также – для вычисления физического идентификатора соты PCI. Передача PSS сигнала осуществляется в 0-ом и 10-ом слотах каждого кадра, используются 62 центральные поднесущие в последнем OFDM-символе. В качестве PSS применяются три взаимно-ортогональные последовательности Задова-Чу, каждой из которых соответствует идентификатор N_{ID}^{2} от 0 до 2.

2. Вторичная последовательность синхронизации (SSS). Сигнал SSS передается в предпоследних OFDM-символах слотов 0 и 10 на центральных 62 поднесущих. Принимая сигнал SSS, устройство может определить группу идентификатора соты – N_{ID}^{1}, которая принимает значения от 0 до 167. После этого АУ вычисляет номер соты как:

$$N_{ID}^{cell} = 3 \times N_{ID}^{1} + N_{ID}^{2} \quad (2)$$

Количество ресурсов для передачи синхронизирующих последовательностей не зависит от используемой полосы канала. Этап поиска синхронных последовательностей позволяет установить границы каждого ODFM-символа и начало кадра передачи данных.

Последовательность PSS обнаруживается с помощью корреляции всего временного интервала, а последовательность SSS – корреляцией частотного диапазона. До обнаружения SSS, но после обнаружения PSS выполняется оценка и коррекция смещения частоты на основании выделенного CP. Инициализация параметров поиска с минимально возможным числом ресурсных блоков (РБ) показана в листинге 2.

Листинг 2

Инициализация параметров для поиска ячейки

```
% Создание пустой структуры базовой станции
enb = struct;
% Используемое число ресурсных блоков
enb.NDLRB = 6;
% Получение информации об сформированной базовой станции
ofdmInfo = lteOFDMInfo(setfield(enb,'CyclicPrefix','Normal'));
```

После инициализации выполняется понижение частоты дискретизации принятого сигнала. Выполнение данной процедуры обусловлено тем, что принимаемый сигнал может использовать минимальное число РБ для передачи данных. Операция осуществляется

с помощью функции *resample*(), которая обеспечивает обновление входной последовательности с новой частотой дискретизации, что показано в листинге 3.

Листинг 3

Понижение частоты дискретизации сигнала

```
% Расчет требуемой частоты дискретизации для заданного числа
РБ
nSamples =
ceil(ofdmInfo.SamplingRate/round(sr)*size(eNodeBOutput,1));
% Число антенн использованных для передачи данных
nRxAnts = size(eNodeBOutput, 2);
% понижение частоты дискретизации и заполнение массива данных
downsampled = zeros(nSamples, nRxAnts);
for i=1:nRxAnts
downsampled(:,i)=resample(eNodeBOutput(:,i),ofdmInfo.SamplingR
ate, round(sr));
end
```

3. Восстановление ресурсной сетки

3.1 Поиск базовой станции

Для определения основных параметров БС по принятому радиосигналу необходимо определить длину СР и режим радиочастотного доступа, которые зависят от количества РБ. Важным также является процесс получения системной информации из декодированных блоков служебной информации (MIB) и системной информации (SIB).

Операция определения режима радиочастотного доступа и длинны СР осуществляется полным перебором всех возможных вариантов их использования. В результате выбирается вариант, где коэффициент корреляции входных данных с первой синхронной последовательностью максимален (листинг 4). Функция lteCellSearch() производит поиск и идентификацию ячейки и обеспечивает синхронизацию путем смещения на количество отсчетов *offset* для каждой комбинации длины циклического префикса (СР) и режима радиочастотного доступа.

Листинг 4

Пример определения основных параметров БС LTE

```
% Задание параметров для поиска БС
% Возможные варианты
duplexModes = {'TDD' 'FDD'};
cyclicPrefixes = {'Normal' 'Extended'};
searchalg.MaxCellCount = 1;
searchalg.SSSDetection = 'PostFFT';
```

Окончание листинга 4

```
% Осуществление поиска путем полного перебора возможных
вариантов
peakMax = -Inf;
for duplexMode = duplexModes
  for cyclicPrefix = cyclicPrefixes
    enb.DuplexMode = duplexMode{1};
    enb.CyclicPrefix = cyclicPrefix{1};

[enb.NCellID,offset,peak]=lteCellSearch(enb,downsampled,search
alg);
    enb.NCellID = enb.NCellID(1);
    offset = offset(1);
    peak = peak(1);
    if (peak>peakMax)
      enbMax = enb;
      offsetMax = offset;
      peakMax = peak;
    end
  end
end
% В результате поиска выбирается БС с макс. коэфф. корреляции
% Определяется количество отсчетов для сдвига на начало
субкадра
enb = enbMax;
offset = offsetMax;
% Смещение на начало субкадра
downsampled = downsampled(1+offset:end,:);
enb.NCellID = enbMax.NCellID;
enb.NSubframe = 0;
```

В результате выполнения поиска и синхронизации восстанавливаются следующие параметры базовой станции: количество используемых ресурсных блоков для передачи данных (*NDLRB*): 6; режим радиочастотного доступа: *FDD*; используемая длина циклического префикса: *Normal*; идентификационный номер базовой станции (*NCellID*): 3; номер обрабатываемого субкадра (*NSubframe*): 0.

3.2 Получение системной информации из MIB

БС сети LTE передает необходимые конфигурационные параметры по радиоинтерфейсу всем АУ в соте: информация о полосе канала (используемом количестве РБ), различные параметры, которые используются устройствами при выборе соты для подключения. Системная информация передается в MIB и SIB блоках. Блок MIB содержит значения ключевых параметров радиосети: ширина канала, конфигурация канала *PHICH* и номер кадра *SFN* (таблица).

Таблица

Параметры, передаваемые в MIB

Параметр	**Значение**					
Номер субкадра (SFN)	0 – 19					
Количество РБ (NDLRB)	6	12	25	50	75	100
Размер БПФ	128	256	512	1024	1536	2048
Ширина канала, МГц	1,25	2,5	5	10	15	20
Количество поднесущих (в т. ч. постоянный сигнал)	76	151	301	601	901	1201

В последнем параметре MIB передаются наиболее значимые 8 бит *SFN*. Вычисление последних 2 битов возможно после приема четырех последовательных *PBCH*-сигналов в течение четырех кадров. Для того, чтобы получить остальные параметры из MIB, достаточно принять *PBCH* канал только один раз в одном кадре. Общий размер MIB блока составляет 24 бита. После обработки данных получается блок 1920 бит, который делится на 4 блока по 480 бит каждый и передается отдельно.

Физический канал *PBCH* передается на 72 центральных поднесущих в течение 4 OFDMA-символов во втором слоте каждого кадра. Таким образом, для передачи *PBCH* используется 240 ресурсных элемента (РЭ) (48 элементов отводятся под передачу пилотных сигналов). В качестве модулирующей схемы используется *QPSK*, отсюда получается, что в каждой передаче *PBCH* канала содержится 480 бит.

На рис. 2 представлена цепочка действий, которая выполняет кодирование данных MIB при отправке *PBCH* канала.

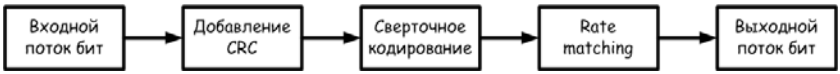


Рис. 2. Структура кодирования данных *MIB*

Размер *CRC* составляет 16 бит, скорость сверточного кода 1/3. После этого размер MIB равен 120 бит. Запись MIB передается с использованием канала физического уровня, называемого *PBCH* по нисходящей линии связи.

MIB содержит: 3 бита для полосы пропускания системы; 3 бита для информации *PHICH*; 8 бит для номера системного кадра; 10 бит зарезервированы для использования в будущем. Помимо информации в полезной нагрузке, *CRC* MIB также передает количество антенн станции, скремблируется или подвергается XOR с определенной антенной маской.

Следует отметить, что пропускная способность БС является параметром, которое АУ должно знать для декодирования любых других каналов физического уровня.

Номер системного кадра передается в MIB для начальной и периодической синхронизации, которые АУ может выполнять, чтобы обнаружить любые отклонения своего времени от времени БС.

Ключевые особенности при декодировании MIB записи:

1. Периодичность генерации MIB (40 мс) – продолжительность между двумя последовательными данными MIB, генерируемыми более высокими уровнями. Номер системного кадра в каждой MIB является числом от 0 до 255 и постоянно изменяется.

2. Периодичность передачи MIB – продолжительность между двумя последовательными передачами *PBCH* на физическом уровне каждые 10 мс. Содержимое в 4-ех последовательных *PBCH* останется таким же, поскольку *PBCH* несет MIB, а MIB может измениться только через 40 мс с момента первой передачи *PBCH*.

Пример декодирования MIB записи представлен в листинге 5.

Листинг 5

Пример декодирования MIB записи

```
% Получение номеров ячеек ресурсной сетки, занятой каналом
PBCH
pbchIndices = ltePBCHIndices(enb);
% Извлечение данных канала PBCH из ресурсной сетки
[pbchRx, pbchHest] = lteExtractResources(pbchIndices,
rxgrid(:,1:L,:), hest(:,1:L,:,:));
% Декодирование данных канала PBCH
[bchBits, pbchSymbols, nfmod4, mib, enb.CellRefP] =
ltePBCHDecode(enb, pbchRx, pbchHest, nest);
% Декодирование MIB блока данных
enb = lteMIB(mib, enb);
% Определение номера кадра
enb.NFrame = enb.NFrame+nfmod4;
% Отображение параметров БС, восстановленных из MIB блока
fprintf('Параметры базовой станции по данным MIB блока:\n');
disp(enb);
```

В результате восстанавливаются следующие параметры БС: количество используемых РБ (*NDLRB*): 50; режим доступа: *FDD*; длина *CP*: *Normal*; идентификатор БС (*NCellID*): 3; номер субкадра (*NSubframe*): 0; количество антенн (*CellRefP*): 1; продолжительность *PHICH* записи (*PHICHDuration*): *Normal*; номер кадра (*NFrame*): 9.

Частотная коррекция необходима для устранения влияния интерференционных и других помех после получения всех основных параметров базовой станции. Функция *lteFrequencyOffset*() оценивает

среднее смещение частоты из принятой последовательности путем вычисления корреляции циклического префикса. Смещение частоты оценивается посредством корреляции *CP* и поэтому может принимать значения плюс или минус половины расстояния между поднесущими.

3.3 OFDM демодуляция

Демодуляция проводится с полученными параметрами БС. OFDM-демодуляция реализуется с помощью функции *lteOFDMDemodulate*(), которая основывается на вычислениях ДПФ с полученными отсчетами радиосигнала. После этого выполняется преобразование массива комплексных цифровых символов из параллельного в последовательный вид. На заключительном этапе осуществляется амплитудно-фазовое декодирование с образованием битового потока (листинг 6).

Листинг 6

OFDM-демодуляция данных

```
% Использование первоначально принятых данных
resampled = recive;
% Частотная коррекция
delta_f = lteFrequencyOffset(enb, resampled);
resampled = lteFrequencyCorrect(enb, resampled, delta_f);
% Количество пилотных ячеек в кадре
enb.CellRefP = 4;
% Смещение на начало кадра
offset = lteDLFrameOffset(enb, resampled);
resampled = resampled(1+offset:end,:);
% OFDM демодуляция
rxgrid = lteOFDMDemodulate(enb, resampled);
```

4. Поиск пилотных сигналов и определение средней мощности излучения радиосигнала

При передаче по радиоканалу сигнал подвергается воздействиям, которые ведут к его деформации. Поэтому для успешной обработки сигнала на приемной стороне необходимо оценить изменение сигнала из-за внешних факторов во время передачи по радиоканалу и восстановить его первоначальный вид. Для этого БС осуществляет передачу пилотных сигналов, которые используются для измерения их средней мощности и качества *RSRP* и *RSRQ*, а также – для принятия решения о хэндовере (*handover*) – процессе переключения между станциями. Количество опорных сигналов зависит от числа антенн, которые используются для передачи данных.

Процедура поиска опорных сигналов осуществляется с помощью функции *lteCellRSIndices*(), которая возвращает номера позиций опорных сигналов по переданной в качестве аргумента конфигурации БС. На

следующем этапе выполняется перерасчет уровня мощности в *dBm* для каждого опорного сигнала, и вычисляется их среднее значение.

В результате выполнения этого этапа вычисляется средняя мощность принятого радиосигнала, которая была рассчитана по опорным сигналам: sred_re_dBm = -27.2276 dBm.

Для оценки качества разработанной модели использовали программного обеспечения для анализа сигналов R&S VSE с функцией анализа LTE сигналов, путем импорта сформированного в Matlab модели радиосигнала LTE и его анализа. На рис. 3 представлен сформированный радиосигнал LTE в Matlab, а на рис. 4 результат его импорта с восстановлением ресурсной сетки. Проведенный анализ показал, что определение статических параметров в разработанной имитационной модели выполняется корректно.

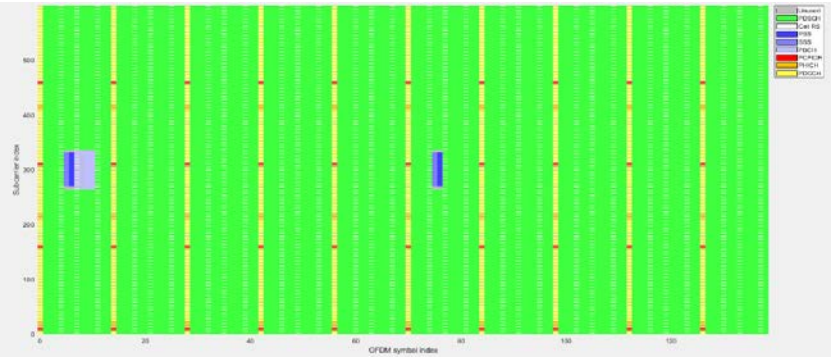


Рис. 3. Сформированные в Matlab радиосигнал LTE



Рис. 4. Импортированный радиосигнал LTE

Заключение

Полученные результаты подтверждают корректность функционирования разработанной имитационной модели определения статических параметров БС в точке приема радиосигнала. Выходные данные модели содержат необходимую информацию для восстановления ресурсной сетки по принятому радиосигналу. Полученные с применением разработанной модели данные предназначены для дальнейшего использования на этапах проектирования и комплексного моделирования когнитивных систем связи на базе LTE.

Список литературы

1. Radio Environment Maps: The Survey of Construction Method / M. Pesko [et al.] // KSII Transactions on Internet and Information Systems. 2014. № 8(11). – P. 3789-3809.

2. Косичкина Т.П., Иванов Г.Н., Евдокимов В.О. Исследование моделей помех в системах когнитивного радио // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2018. – Т. 18. – № 4. – С. 965-970.

3. Гельгор, А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие / А. Л. Гельгор, Е. А. Попов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.– 204 с.

4. Тихвинский, В. О. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – Эко-Трендз, 2010. – 284 с.

Секция 3
Технологии обработки и защиты информации

Personal data security management and privacy issues of their protection in information systems

A. A. Ganiev
Z. I. Azizova, email: z.i.azizova@mail.ru

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Аннотация. Annotation*. In this article the problems of personal data protection by de-identification are discussed. The reasons for breach of confidentiality of personal data are discussed in detail, such as defining measures and means of personal data protection, minimising the costs of providing protection while complying with personal data protection requirements and others.*

Ключевые слова: Keywords*: de-identification process, personal data, confidentiality, law requirements, anonymity.*

Introduction

Nowadays, much of the information related to our lives is recorded and stored digitally. Every search on any search engine, posting to a social media page, online shopping, geolocation of a mobile phone, or even a user's preferences for media content represents another recorded element of that user's dataset. The problem of personal data protection has recently been seriously exacerbated, along with changes regarding the automation of the collection and processing of socio-economic data, which has made it easier to copy, disseminate and use information of any kind, including personal data. All this has contributed to the rise of a new type of criminal activity – the illicit trafficking of personal data.

1. Security management of the personal data

The issues of information resource security are an important element in the functioning of the organisational structure in the current economic realities, which is largely due to the growing number of attacks on information systems and data repositories. With the adoption of the Republican Law of 02.07.2019 No. LRU-547 "On personal data" numerous information systems concerning the collection, storage, processing or transmission of identification data of natural persons have become subject to modernization in strict compliance with completely new requirements. The actual implementation of this law in practice will fully depend on the creation of practical tools for its

© Ganiev A. A., Azizova Z. I., 2022

implementation and the clear formalisation of requirements for the protection of private information.

Information security of an entity means not only the ability to acquire quality information, but also the protection of already existing information from loss. Thus, according to J. Stanczy, "security is a state of trust, peace, assurance and their feeling, as well as the absence of threat and protection from danger" [1,4]. W. Schmid, in turn, believes that "security is a situation characterized by the absence of risk, for example, in investments, strategic plans, material assets and human resources".

There are some legal protections in place to prevent the disclosure or sale of personally identifiable information, such as name, national insurance numbers and medical records in the sale or transfer of data [5]. However, if this data is deleted, from the small category of personally identifiable data, it can be considered anonymised. Because there is no strict regulation of anonymised data, it can be sold to anyone and used for any purpose. Once the data has been pre-cleared, it cannot be used to identify the subject and is therefore safe for later use, analysis, etc. The practice of cybercrime investigation and prevention shows that actions related to illegal copying, modification and destruction of information pose a significant threat to society and the state.

Both quantitative and qualitative changes are observed in the nature of threats, new vulnerabilities, methods and techniques of information theft are emerging. Identity theft remains a major threat. Numerous causes of information security breaches include employee negligence or the selfish and criminal intent of internal perpetrators, as well as unauthorized access and hacking of resources containing private information by an external perpetrator. Internal risks are just as dangerous as external risks. Internal perpetrators cannot be defended against as easily as malware can be defended against with an anti-virus, for example.

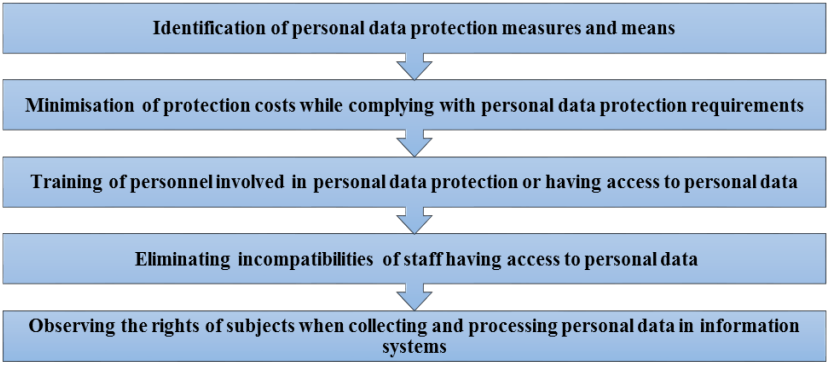
2. Security management and basic personal data protection issues

Breaches of personal data confidentiality represent a significant threat to the continuity of operations of organisations, so it seems appropriate to implement suitable policies and procedures governing the security management of the personal data being processed. This need is driven by the number and scale of the consequences of breaches of personal data security that are occurring globally. For example, in 2016 there was the theft of personal data of Yahoo users, which affected around 1 billion users, or in particular MySpace, where personal data of 427 million users was stolen. In Poland, a famous example is the disclosure of personal data of Uber users, which affected around 70,000 users. In the US, 143 million EquiFax users' data

was stolen in 2017, and in 2018 the personal data of 800,000 Swisscom customers was stolen [2].

One of the reasons for such occurrences is the low level of measures applied by the organizations to ensure the security of processed personal data. As a result, the European Union decided to radically update and amend the legislation in this field, introducing a new regulation that unifies and unifies information and personal data protection issues in all organisations in which personal data processing takes place. On 25 May 2018, the EU General Data Protection Regulation, commonly referred to as the General Data Protection Regulation (GDPR), came into force. Unfortunately, a survey conducted by ECM Insights shows that only 25% of large enterprises believe they are ready for this regulation. It should also be stressed that, according to the above-mentioned survey, almost half, i.e. as many as 45% of companies, have not yet developed a strategy to ensure compliance with the new EU requirements. Therefore, the analysis of threats in the area of information management and personal data protection in organisations as a direct result of the development of new information technologies becomes an important task. Attacks aimed at unauthorised access to private information and personal data concern all systems that operate while connected to a global network. Threats to breach the confidentiality of users' personal data can manifest themselves in a variety of ways. In addition to unauthorised access, they can also include equipment breakdowns, accidental deletion or modification by unauthorised persons.

Protection of personal data by the operator entails a number of issues implemented in figure 1.



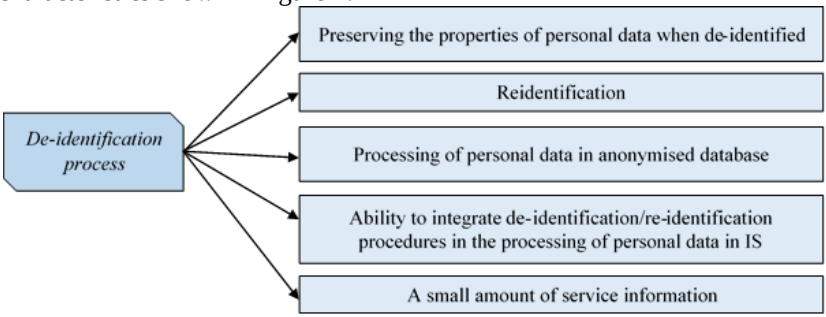
Puc. 1. *Fig.1.* Basic personal data protection issues

In accordance with the requirements of Law No. ZRU-547, the operator of the information system when processing personal data shall take the

necessary legal, organisational and technical measures to protect personal data [3] from illegal or random access, destruction, modification, copying and distribution of personal data, as well as other unlawful actions. The growth in the volume of data processed creates new challenges for organisations to properly manage the personal data they hold and ensure that it is adequately protected. The information acquired and collected that can be analysed represents significant economic value.

The main rule for the personal data collection and management operator, however, should be a clear understanding of the desirability and responsibility in managing its activities.

From the set of mandatory de-identification requirements that have been formulated, the developed de-identification procedure must provide the characteristics shown in figure 2:



Puc. 2. Fig.2. Requirements of de-identification procedure

It means that the requirements set forth allow for the processing of de-identified data at minimum cost for upgrading existing personal data processing systems, while preserving user interfaces.

Conclusion

Thus, when design a personal data protection system, all weaknesses and vulnerabilities of personal data information systems must be taken into account, as well as the nature of possible breach targets and attacks on systems by an intruder, ways of system penetration for unauthorized access to information. The protection system should be built taking into account not only all known channels of intrusion, but also the possibility of mostly new ways of implementation of data security threats.

References

1. Współczesne pojmowanie bezpieczeństwa / Jerzy Stańczyk ; Miękka. –Używana : Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, 2011. – P. 355.
2. “Nie ma firmy za małej na bezpieczeństwo” [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://www.computerworld.pl/news/Nie-ma-firmy-za-malej-na-bezpieczenstwo,409986.html
3. Law of RUz No. LRU-547 of 02.07.2019. "On Personal Data". [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://lex.uz/docs/4396428
4. A. Narayanan and V. Shmatikov, “De-anonymizing social networks,” in Proc. IEEE Symp. Secur. Privacy, 2017, – P. 173–187.
5. Achieving k-anonymity privacy protection using generalization and suppression / L.Sweeney: International Journal on Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, 2002. – P. 571-588.

Personal data protection in information systems by de-identification and properties of de-identified data

K. F. Kerimov
Z. I. Azizova, email: z.i.azizova@mail.ru

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Аннотация. Annotation*. This paper analyses and summarises the solutions used for de-identification. It also describes the properties of de-identified data and the requirements for such properties, characterises each property and illustrates the correspondence between de-identification methods and the properties of de-identified data.*

Ключевые слова: Keywords*: personal data, de-identification, data anonymisation, quasi-identifiers, de-identified data, properties of de-identified data.*

Introduction

With the spread of information technology, organisations are becoming increasingly dependant on information systems and services and, as a result, more vulnerable to security threats. This has become apparent in the use of personal data processing information systems. The ever-accelerating informatisation of society and the rapid development of open information systems make data leakage and other forms of illegal access to the subjects' personal data much easier, which makes the task of ensuring its protection particularly significant and urgent.

1. Personal data protection methods and re-identification

De-identification is a process of detecting quasi-identifiers that directly or indirectly identify a subject (or object) and removing these identifiers from existing dataset. This process focuses on the inability to uniquely identify a subject based on the information or dataset. De-identified information is information that either originally contained no subject identifiers, or that has had such identifiers removed. There are 2 ways by which de-identification process can be done: safe harbour method and expert determination method [1]. The first one requires the elimination of all 18 personal identifiers. The last approach requires the preservation of certain personal identifiers (e.g. dates, demographic data, etc.) combined with an expert assurance that these identifiers cannot be used for re-identification. It should be noted that there is

© Kerimov K. F., Azizova Z. I., 2022

no strict definition of either the qualifications of the expert or the type of expertise, nor of the set of methods that produce the expert's opinion.

The importance of the de-identification process is due to the factors of availability of data sets that allow information to be used without compromising privacy. Protecting an individual or group from disclosure is another possibility for de-identification.

Re-identification of an de-identified dataset is made possible by the availability of high computing power of hardware and the widespread availability of publicly available information on the global network. This means that anonymised data can be linked to the specific entity to which it relates. Re-identification is implemented by combining two or more datasets to search the subject in both datasets. Such aggregation reveals information that directly identifies the subject. When an anonymised dataset is re-identified, both the direct and indirect identifiers are known and therefore the subject can be unambiguously identified.

The de-identification process minimises the risk of re-identification, but does not guarantee its impossibility. On the other hand, anonymisation techniques found in the literature, such as microdata aggregation, are almost always applicable only to tabular data and aim at guaranteeing a certain level of anonymity as a function of aggregation [2,5].

In the case of de-identification, the original information system of personal data is divided into subsystems: a subsystem with de-identification software (identification data), a de-identified data subsystem and a link element between the subsystems, one of them, except for the de-identified data, will have to be protected according to the requirements of the initial level or security class of the information system. Therefore, dividing the original system into subsystems in this way does not change the level of protection required for the system as a whole. The question arises as to the cost of organising the de-identification process and subsequent protection, which is a higher level than in the classical approach.

The method of de-identification of personal data must be appropriate to the purpose and objectives of data processing set by the data controller and must comply with the rules and requirements of the legal framework. The main purpose of any depersonalisation method is to ensure the anonymity of personal data. The main problem with most de-identification methods is the quasi-identifiers (indirect identifiers) that remain in the dataset of the de-identified data. They are identifiers that do not by themselves identify a person, but can be aggregated and linked to other information (publicly available data or other operators' database) to identify personal data subjects. The way in which personal data subjects are re-identified using this method is called a “link-based attack” [3,4].

2. Security management and basic personal data protection issues

The de-identification of personal data is performed in accordance with the methods and guidelines established by law. The result of the anonymisation process is that the personal data subject cannot be identified and that the de-identified data in question can be processed. This data, in its turn, must have a certain set of properties, as shown in Table 1.

Table 1

Description of the properties of the de-identified data

Name of property	Characteristic
Completeness	the need to retain the information about the personal data subject available prior to de identification making it impossible to uniquely identify personal data subjects after de identification, without the use of additional information.
Anonymity	the impossibility of unambiguously identifying the subject of personal data after de-identification without the use of additional information
Relevance	the possibility to process requests and to receive responses in the same semantic form when processing personal data
Structuring	the structural links between the de-identified data of personal data subjects are maintained and match the structural links before the de-identification
Semantic integrity	matching the semantics of the data when anonymised to the original dataset
Applicability	the possibility of processing personal data in an de-identified database of the personal data information system without prior de-identification of all records on the subjects

In addition to the properties of de-identified data and de-identification methods, there are mandatory requirements for the properties of the resulting de-identified data as shown in fig. 1.

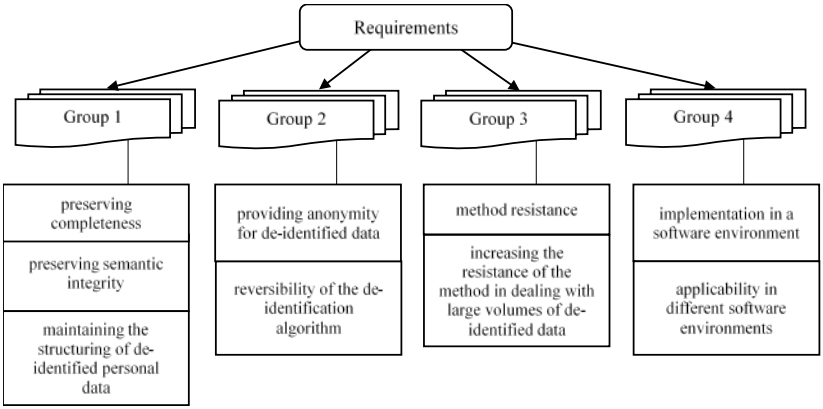


Fig.1. Requirements for de-identified data

When processing de-identified data, one of the important tasks is to integrate the de-identification/re-identification procedure into the existing personal data processing systems, for example by providing an API application to the personal data controller with the possibility of forming anonymised database queries and implementing the de-identification procedure transparently for users. These requirements allow for the processing of anonymised data at minimum cost for upgrading existing data processing systems and maintaining user interfaces.

The scheme of correspondence between the properties of de-identified data and de-identification methods is shown in figure 2.

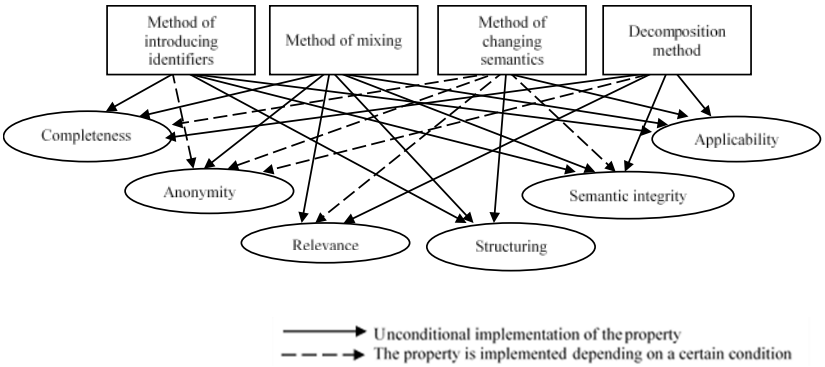


Fig.2. Correspondence between the properties of de-identified data and de-identification methods

Consequently, de-identified data loses the status of personal data. If in some personal data information system (or its segment) there is no access to re-identification software, de-identification algorithm, and it is supposed to work only with impersonal data, for example, for statistical conclusions or software development and debugging, such "external" database ceases to be an information system for personal data processing subject to the requirements of regulators.

Conclusion

As a trivial task, choosing the most appropriate depersonalisation method depends on the dataset, the extent to which the information is accessible to attackers and the type of information contained in the dataset in question. Because de-identified data loses its status as personal data, de-identified data can be transmitted through open communication channels without the need for additional security features. De-identification enables processing in distributed information systems that do not allow the personal data subject to be identified. In another case, if the database is stored in a de-identified form and re-identification occurs during processing, such personal data processing information system can be divided into segments, which in some cases may reduce the cost of protecting such a system as a whole by reducing the level of security of an individual segment.

References

1. Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA). [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://www.cdc.gov/phlp/publications/topic/hipaa.html

2. An Investigation of the Consequences of Partial Aggregation of Micro-Economic Data /Feige, Edgar L & Watts, Harold W. // Econometrica, Econometric Society. – 2007. – vol. 40(2) – P. 343-360.

3. Anonymization of personal data. [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://lib.itsec.ru/articles2/focus/ob-obezlichivanii-personaljnyh-dannyh

4. A Two-stage de-anonymization attack against anonymized social networks / W. Peng [et al.] // IEEE Trans. Comput. – 2017. – vol. 63. – no. 2. – P. 290–303.

5. The 'Re-Identification' of Governor William Weld's Medical Information: A Critical Re-Examination of Health Data Identification Risks and Privacy Protections, Then and Now / Barth-Jones, Daniel // DCB-J, July, 2012. [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2076398

Запрещенный контент социокиберфизических систем: методы нейросетевой обработки информации

В. С. Аверьянов, email: averyanov124@mail.ru[1]
И. Н. Карцан, email: kartsan2003@mail.ru[1,2,3,4]

[1]Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия
[2]Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
[3]ФГБНУ «Экспертно-аналитический центр», Москва, Россия
[4]ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

Аннотация. *Современные социокиберфизические системы являются мощным источником информационного воздействия на крупные гетерогенные и географически рассеянные целевые аудитории. Существующий инструментарий виртуальной реальности способен погрузить неподготовленного пользователя в иной мир, оказывая резко негативное влияние на его психоэмоциональное состояние. Формирование необходимой жизненной позиции и алгоритмов поведения одна из основных задач агитационной деятельности запрещенных экстремистских организаций и террористических группировок. Особенно остро данная проблематика затрагивает социально незащищенные слои населения и представителей поколения Z. Транслируемый контент по глобальной информационной сети разнообразен по своему содержанию и формам представления. Настоящее исследование направлено на выявление потенциально опасной информации с деструктивным воздействием, содержащейся в популярных масс-медиа. В статье рассмотрен метод нейросетевой обработки данных как основа противодействия антигуманистических идеологий в сети Интернет.*

Ключевые слова: *запрещенный контент, киберфизические системы, социальные сети, информация, нейросеть, поколение Z.*

Введение

Социокиберфизические системы разнородны по своему внутреннему содержанию и географическому расположению. В них может быть размещена любая информация, в том числе запрещенная, со сценами насилия, призывами к сепаратизму, экстремистской и террористической деятельности. По состоянию на декабрь 2021 года

© Аверьянов В. С., Карцан И. Н., 2022

согласно официальной статистике международной организации ООН (Организация Объединённых Наций) в мире зарегистрировано более 4,2 млрд. аккаунтов в различных мессенджерах и социальных сетях. За последний год наиболее популярные интернет площадки привлекли более полумиллиарда новых пользователей, большая часть из которых относится к поколению Z. При этом 95% из числа зарегистрированных уже имеют два и более аккаунта в социальных сетях. К примеру, в России на одного пользователя приходится семь регистраций, в Японии самое низкое среднее количество учётных записей – 3,8, на первом месте Индия с результатом в 11,5 записей на одного человека в разнообразных масс – медиа структурах.

По современным меркам социальная сеть является Speech платформой, в которой находят свое отражение, представление и визуализацию социальные взаимоотношения [4]. При этом за последнее десятилетие прослеживается негативная тенденция, когда информационно – коммуникационные средства выступают агрегатором всевозможных террористических движений и агитационных компаний. Деятельность данных организаций направлена на деструктивное воздействие на социально незащищенные слои населения, и является запрещенной на территории большинства государств. К числу самых известных международных террористических группировок следует отнести: ИГИЛ (исламское государство Ирака и Леванта), «Джебхат ан – Нусра», «Ахлю Сунна Валь Джамаа», религиозная группа «Джамаат «Красный пахарь»» и многие другие. Всего в Едином федеральном списке, в том числе иностранных и международных организаций, признанных в соответствии с законодательством Российской Федерации террористическими содержатся более 30 особо опасных группировок, многие из которых действуют по всему миру и существуют не один год.

Для распространения своей идеологии лидеры группировок широко применяют информационно – коммуникационную среду. При этом проведение широкомасштабной глобальной цифровизации, существующий политический строй, а также мировая экономическая нестабильность лишь усугубляют ситуацию вцелом. Данные факторы подталкивают организаторов к проведению новых агитационных компаний с призывом к вступлению в свои «священные» ряды, привлекая обширную аудиторию социокиберфизических систем. Так, например террористическая организация ИГИЛ (запрещена на территории Российской Федерации), являясь наиболее опасной и структурированной, для распространения своей идеологии и пропаганды использует модель повсеместного участия в социальных сетях. Любые их действия и акции мгновенно становятся доступны миллионам пользователей по всему

миру. При этом основную – «грязную» работу по распространению запрещенной информации выполняют не лидеры группировок, а их непосредственно вовлеченные сторонники, простые легитимные пользователи или владельцы фейковых аккаунтов. Официальные представители запрещенных организаций за денежное вознаграждение занимаются созданием информационного поля в виде: новостей, монтажа видеосюжетов с мест реальных боевых действий, фото и видео обращений лидеров группировок. Подготовленный материал через защищенные каналы связи [1] попадает к активным членам и сторонникам, которые в свою очередь транслируют запрещенную информацию на большую аудиторию, используя закрытые сообщества и профильные форумы. Именно так выглядит схема распространения запрещенного контента в социальных сетях. В табл. представлены выявленные противоправные материалы и акты цензуры за 2021 год.

Таблица

Выявленный в социокиберфизических системах запрещенный деструктивный материал, 2021 год

Социальная сеть	Удалено материалов	Кол – во материалов на 1 пользователя	Аудитория
Facebook	2306	15177	35000000
YouTube	4624	17301	80000000
Twitter	192	41666	8000000
Vkontakte	496	149193	74000000
Tik – Tok	87	344827	30000000
Одноклассники	83	554216	46000000

При этом наиболее подвержены влиянию, агитационному воздействию и восприимчивые к пропагандистским антигуманистическим взглядам следующие слои населения:

– поколение Z (подростки в возрасте от 9 до 15 лет);

– учащиеся средне – специальных и высших учебных заведений, преимущественно мусульмане;

– безработные, социально незащищенные слои населения;

– граждане, пострадавшие от противоправных действий властей;

– лица без образования, ранее осужденные, трудящиеся на производстве по простым специальностям (в возрасте до 30 лет преимущественно);

– деклассированные личности.

– Факторы, способствующие к вступлению в ряды «священного джихада»:
– религиозный фактор;
– бандитские побуждения;
– борьба за равенство и социальную справедливость;
– возможность «легкого» заработка;
– иное, случайное событие.

Как отмечает советник Председателя Национального антитеррористического комитета, генерал – лейтенант Е.П. Ильин «противодействие идеологии насилия в современных условиях не может быть задачей только одного государства. Необходимо приложить значительные усилия к тому, чтобы привлечь к участию в антитеррористической работе все здоровые силы общества, в том числе научное, бизнес – сообщества, образовательные структуры, средства массовой информации, общественные, религиозные объединения и организации» [2, 3].

1. Архитектура нейронной сети

Целью настоящего исследования является анализ социокиберфизических систем на предмет запрещенных агитационных материалов, выявление возможных связей зарегистрированных пользователей социальных сетей с экстремистскими организациями. Алгоритмы поиска, установление семантических связей, а также сопоставление слов и терминов с экстремистской антигуманистической идеологией содержащейся в аккаунтах необходимо выстроить на нейросетевых технологиях. Нейронная сеть является легко обучаемой, позволяя эксперту в автоматическом режиме подбирать искомое слово или термин по вводным данным. Все современные социальные сети широко применяют технологии хранения и обработки BigData, а также содержат объемные тексты на одном из естественных государственных языков. Для оптимальной работы нейросетевого алгоритма, слова необходимо представлять в векторном формате, что позволит проводить:
– сопоставление аккаунтов с реальными личностями;
– выявлять агитационные идеологические материалы;
– сопоставлять экстремистские организации с реальными аккаунтами пользователей;
– определять географическое местоположение запрещённого сообщества, аккаунта пользователя;
– иные, определяющие значения интересующие эксперта/ов.

Основной принцип работы алгоритма заключается в отображении слова v в векторное пространство отправленного на вход системы.

$V: x_i = (x_i^1, x_i^2, ..., x_i^V), i = 1...z$, где V – общее количество слов в словаре [6], $x_i^j = 1$ при условии что, слово является j-ым словом из V, $x_i^f = 0$, для $f \neq j$. При этом на выходе получим векторное пространство следующей размерности: $V: y = (y^1, y^2, ..., y^V)$. Обучающая выборка имеет вид: $y^j = 1$, при условии что, искомое слово является j-ым словом из V, [5] для всех остальных случаев $y^f = 0$, где $f \neq j$.

Таким образом, результатом работы нейросетевого алгоритма является векторное пространство $V: y = (y^1, y^2, ..., y^V)$ бесконечно большой размерности. Компоненты $y^1, y^2, ..., y^V$ в составе данного пространства служат параметрами контекстного смысла в исследуемом корпусе текстов. Требуемый экспертной группой набор искомых данных возможно получить с помощью динамичного обучения определенно заданной нейросети за короткий временной интервал. Здесь работает следующая аксиома: чем дольше обучение, тем быстрее каждый последующий поиск запрещенного контента либо социально опасного сообщества.

Заключение

За прошедшие два десятилетия внешний облик и внутреннее содержание международного террористического движение изменилось до неузнаваемости. Стремительное развитие социокиберфизических систем придало большое, невиданное доселе распространение агитационным компаниям запрещенных организаций, а о совершенных деструктивных воздействиях мы узнаем быстрее, чем данная информация появляется в официальных источниках СМИ (средства массовой информации). Применение нейросетевых технологий, а также технологий искусственного интеллекта призвано значительно сократить время на поиск запрещенного контента в социальных сетях – например, сцен насильственного характера, призывам к самоубийству и употреблению наркотических веществ, помочь с выявлением сообществ с агитацией сепаратизма, экстремизма и призыву к террористическим действиям. При этом определяющее решение по блокировке и удалению запрещенного контента, а также каждому из выявленных признаков нарушения закона следует отдать экспертной группе, на основании всей собранной информации.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме «Концептуальное моделирование информационно-

образовательной среды воспроизводства человеческого капитала в условиях цифровой экономики» (Шифр FNRN – E). Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме «Разработка новых методов автономной навигации космических аппаратов в космическом пространстве» (Шифр FNRN – S). Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0555-2021-0005.

Список литературы

1. Аверьянов, В.С. К вопросу создания защищенного канала связи / В.С. Аверьянов // Решетневские чтения: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно – космических систем ак. М.Ф.Решетнева. – 2019. – С. 409-411.

2. Ильин, Е.П. Средства массовой информации в системе противодействия идеологии терроризма. Состояние и перспективы развития / Е.П. Ильин // Вестник Национального антитеррористического комитета. – 2013. – №2 (09). – С. 8-13.

3. Ильин, Е.П. Об оценках террористических угроз и подходах Российской Федерации к противодействию терроризму / Е.П. Ильин // Вестник национального антитеррористического комитета. – 2012. – №2 (07). – С. 10-15.

4. Казнова, Н.Н. Специфика коммуникации в социальных сетях по сравнению с блогосферой / Н.Н. Казнова, И.Г. Овчинникова // Вопросы психолингвистики. – 2014. – №21. – С. 86-97.

5. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionally [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://papers.nips.cc/paper/5021-distributed-representation-jf-words-and-phrases-and-their-compositionally.pdf (дата обращения 11.12.2021)

6. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton // Advances in neural information processing systems. – 2012. – P. 1097 – 1105.

Методы обучения классификатора на основе звуков кашля для выявления заболевания вирусом COVID-19

А. Л. Аленин, email: freeadvice.ru@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КАИ

Аннотация. *В данной статье были рассмотрены методы извлечения признаков из звука кашля, а также последующее обучение нейронных сетей для определения является ли кашель COVID положительным или отрицательным. Для обучения использовались свёрточные нейронные сети и сети долгой краткосрочной памяти. Были подобраны оптимальные гиперпараметры которые давали наименьшую ошибку распознавания при относительно коротком времени обучения. Таким образом, был подобран алгоритм обработки звуков кашля, позволяющий определять болеет ли человек вирусом COVID-19.*

Ключевые слова: *машинное обучение, Мел-кепстральные коэффициенты, свёрточная нейронная сеть, долгая краткосрочная память.*

Введение

Кашель – один из преобладающих симптомов COVID-19 и также симптом более 100 других заболеваний и его влияние на дыхательную систему, как известно, различается. Например, заболевания легких могут вызывать сужение или закупорку дыхательных путей, и это может повлиять на акустику кашля. Голосовые связки ведут себя по-разному при разных патологических состояниях, и это позволяет различать кашель туберкулеза, астмы, бронхита и коклюша. Простые инструменты машинного обучения, например бинарные классификаторы, умеют различать дыхательные шумы COVID-19 от здоровых сверстников. Похоже, что при кашле от COVID-19 существуют уникальные закономерности, которые позволяют предварительно обучить классификаторы для выявления кашля COVID-19 с высокой точностью. В данном случае образцы кашля собирались анонимно у 3621 человека с подтвержденным COVID-19. Помимо искажения непосредственно голоса, при заболевании COVID-19, также имеет место быть ослабление мышц всего организма, что влияет на длительность и частоту кашля и дыхания в общем [2].

© Аленин А. Л., Мокшин В. В., 2022

Выявление заболевания – главный элемент в системах поддержки принятия решений в медицинской сфере. Возможность определять заболевание по звуку кашля, записанному на смартфон или другую аудиоаппаратуру, даёт множество преимуществ. Такой вид досмотра бесконтактный, простой в применении и может снизить рабочую нагрузку в испытательных центрах, а также ограничить передачу вируса за счет рекомендации ранней самоизоляции тем, у кого кашель свидетельствует о наличии COVID-19.

1. Предварительная обработка аудиозаписей звуков кашля

Необработанные аудиозаписи кашля из набора данных имеют частоту дискретизации (μ) 44,1 кГц и подвергаются некоторым простым этапам предварительной обработки. Длина временного окна (λ) равна 0,05 с, а пороговое значение амплитуды (ϕ) равно 0,005, причем оба эти значения определялись вручную и интерактивно, поскольку удаление тишины во всех случаях подтверждалось визуально.

Исходный звук кашля $c_i(t)$ нормализуется по уравнению [3]:

$$(1)\, c_i(t) = 0.9 \times \frac{c_i(t)}{|\max(c_i(t))|}. \quad (2)$$

Обработанный окончательный звук кашля показан на изображении (рис. 1). Здесь I обозначает временное окно, и мы определяем:

$$C_I(t) = C_{j\mu\lambda}(t)...C_{(j+1)\mu\lambda}(t). \quad (3)$$

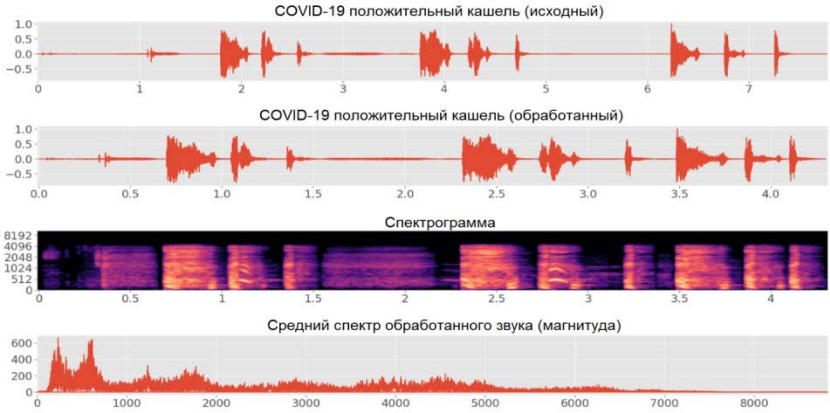


Рис. 1. Обработанный звук кашля COVID-19

Обработанный звук кашля COVID-19 короче исходного звука кашля, но сохраняет разрешение всего спектра. При предварительной обработке амплитуды нормализуются, а длительные паузы удаляются.

Таким образом, амплитуды необработанных аудиоданных в наборах данных были нормализованы, после чего периоды тишины были удалены из сигнала с запасом в 50мс с помощью простого детектора энергии [4].

После предварительной обработки набор данных содержит 92 положительных на COVID-19 и 1079 здоровых субъектов. При этом положительный на COVID-19 кашель на 15–20% короче, чем кашель, не связанный с COVID.

2. Извлечение признаков из звуков

Процесс выделения признаков следующий. Извлекаются такие признаки, как кепстральные коэффициенты мел-частоты (MFCC), энергия логарифмического кадра, скорость пересечения нуля (ZCR). MFCC часто используются в качестве функций в аудиоанализе и особенно в автоматическом распознавании речи. Они полезны для дифференциации сухого кашля от влажного кашля и классификации туберкулезного кашля. В данном случае был использован традиционный метод извлечения MFCC, рассматривая MFCC с более высоким разрешением, а также скорость (разность первого порядка) и ускорение (разность второго порядка), поскольку их добавление показало улучшение классификатора [5]. ZCR – это количество раз, когда сигнал меняет знак в пределах кадра, указывая на изменчивость, присутствующую в сигнале. Для образцов звукового сигнала это указывает на преобладание более высоких амплитуд. Эти функции были извлечены с использованием гиперпараметров для всех записей кашля (табл. 1).

Признаки извлекаются таким образом, чтобы сохранить информацию о начале и конце эпизода кашля, чтобы можно было обнаружить закономерности во временной области в записях, сохраняя при этом фиксированную размерность входных данных. Из каждой записи мы извлекаем фиксированное количество характеристик, равномерно распределяя кадры анализа фиксированной длины по временному интервалу кашля. Матрица входных признаков для классификаторов всегда имеет размерность $(3MFCC + 3Seg)$ для количества MFCC вместе с числом скорости и числом ускорения [6].

Таблица 1

Гиперпараметры извлечения признаков, оптимизированные с использованием перекрестной проверки.

Гипер-параметры	**Описание**	**Диапазон**
MFCC	Количество MFCC более низкого порядка, которое необходимо сохранить	$13 \times k_1$, где $k_1 = 1, 2, 3, 4, 5$
Frame	Размер кадра, в котором аудио сегментируется	$2k_2$, где $k_2 = 8, ..., 12$
Seg	Количество кадров, извлеченных из аудио	$10 \times k_3$, где $k_3 = 5, 7, 10, 12, 15$

Если Λ — количество выборок в звуке кашля, мы можем рассчитать количество выборок между последовательными кадрами δ, используя уравнение:

$$\delta = \left[\frac{\Lambda}{\zeta} \right]. \quad (4)$$

Так, например, звук кашля продолжительностью 2,2с содержит 97020 семплов, поскольку частота дискретизации составляет 44,1 кГц. Если длина кадра составляет 1024 выборки, а количество сегментов равно 100, то пропуск кадра (δ) составляет 971 образец.

В отличие от более традиционно применяемых фиксированных частот кадров, этот способ извлечения признаков гарантирует, что вся запись захватывается в пределах фиксированного количества кадров, что особенно позволяет классификаторам нейронных сетей обнаруживать более полезные временные шаблоны и обеспечивать лучшую производительность классификации.

3. Архитектура классификаторов

Свёрточная нейронная сеть (CNN) – популярная архитектура глубокой нейронной сети, в основном используемая для классификации изображений. Например, за последние два десятилетия CNN успешно применялись для решения сложных задач, таких как распознавание лиц. Она также хорошо зарекомендовала себя при классификации речи. Архитектура CNN вместе с оптимизированными гиперпараметрами (рис. 2). Модель долгой краткосрочной памяти (LSTM) представляет собой тип рекуррентной нейронной сети, архитектура которой позволяет запоминать ранее просмотренные входные данные при принятии

решения о классификации. Она успешно используется для автоматического обнаружения кашля, а также для других типов обнаружения акустических событий. Гиперпараметры, оптимизированные для классификатора LSTM (рис. 3).

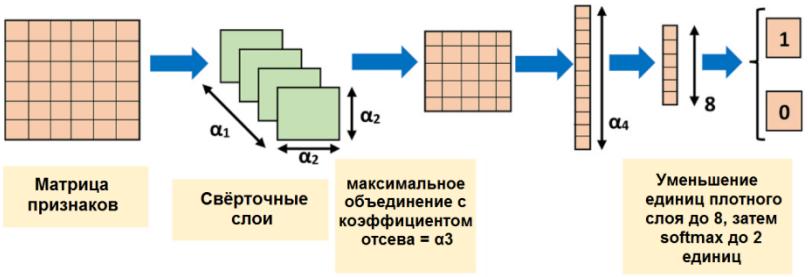


Рис. 2. Классификатор CNN

Классификатор CNN использует α_1 двумерных сверточных слоев с размером ядра α_2, выпрямленными линейными единицами в качестве функций активации и коэффициентом отсева α_3. После максимального объединения следуют два плотных слоя с α_4 и 8 единицами соответственно и выпрямленными линейными функциями активации. Сеть завершается двумерным softmax, где один выход (1) представляет положительный класс COVID-19, а другой (0) – здоровый или отрицательный класс COVID-19. Во время обучения функции представляются нейронной сети партиями размером β_3 для эпох β_4.

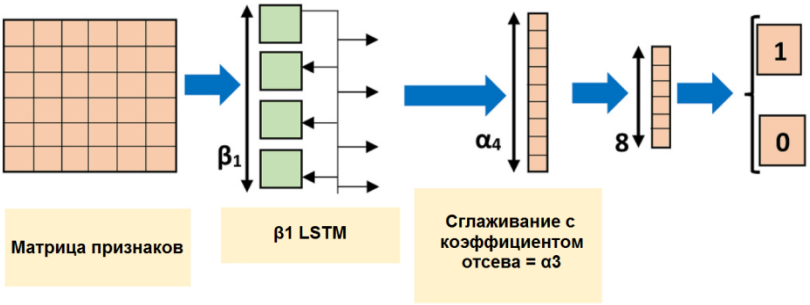


Рис. 3. Классификатор LSTM

Классификатор LSTM имеет единицы β_1, каждая с выпрямленными линейными функциями активации и коэффициентом отсева α_3. Далее следуют два плотных слоя с α_4 и 8 единицами соответственно и выпрямленными линейными функциями активации. Сеть завершается двумерным softmax, где один выход (1) представляет положительный класс COVID-19, а другой (0) – здоровый или отрицательный класс COVID-19. Во время обучения функции представляются нейронной сети партиями размером β_3 для эпох β_4 [7].

4. Результаты обучения

Результаты классификации имееют следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Результаты классификации

Клас-сифика-тор	**Лучшие признаки гиперпарам етров**	**Отпимальный классификатор гиперпараметров**	**Представление**		
			Spec	Sens	ACC
CNN	26	48	99%	90%	94.57%
CNN	39	96	98%	90%	94.35%
LSTM	13	128	97%	91%	94.02%
LSTM	26	256	97%	90%	93.65%

В табл. 2 показано, что все классификаторы могут классифицировать кашель COVID-19, но классификатор CNN демонстрирует лучшую производительность с AUC 0,953 при использовании 120-мерной матрицы признаков, состоящей из 26 MFCC с добавленными скоростью и ускорением, извлеченными из сегментов длиной 1024, а также при группировке кашля по 48 сегментов.

Из табл. 2 также видно, что при использовании большего количества MFCC постоянно происходит повышение производительности. Поскольку спектральное разрешение используемое для вычисления 39-мерного MFCC превосходит слуховую систему человека, можно сделать вывод, что классификаторы используют информацию обычно не воспринимающуюся слушателями-людьми.

Заключение

После предварительной обработки аудиозаписей кашля, было обнаружено, что кашель COVID-19 положительного субъекта на 15–20% короче, чем при кашле без COVID. Хотя описываемые классификаторы требуют более строгой проверки на более крупном наборе данных, представленные результаты очень многообещающие и указывают на то,

что скрининг COVID-19 на основе автоматической классификации кашля жизнеспособен. Поскольку данные были получены на смартфонах, и поскольку классификатор в принципе может быть реализован и на таком устройстве, такая классификация кашля экономична, проста в применении и развертывании. Кроме того, его можно применять удаленно, избегая контакта с медицинским персоналом.

Список литературы

1. Aydın, S. Log energy entropy-based EEG classification with multilayer neural networks in seizure / S. Aydın, H.M. Saraoğlu, S. Kara // Ann. Biomed. Eng. – 2018. – №37 (12). – С. 2626.
2. Chung, K.F. Prevalence, pathogenesis, and causes of chronic cough / K.F. Chung, I.D. Pavord // Lancet. – 2008. – №371 (9621). – С. 1364–1374
3. Schilt, S. Wavelength modulation spectroscopy: combined frequency and intensity laser modulation / S. Schilt, L Thvenaz, P. Robert // Appl. Opt. – 2003. – №42. – С. 6728–6738
4. Roman, R.C. Prediction of Problematic Wine Fermentations Using Artificial Neural Networks / R.C. Roman, O.G. Hernandez, U.A. Urtubia // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2011. – Vol. 34. – С. 1057–1065.
5. Efroymson, M. Multiple regression analysis / M. Efroymson // Mathematical methods for digital computers. – 2019. – №1. – С.191–203.
6. Мокшин, В.В. Метод формирования модели анализа сложной системы / В.В. Мокшин, И.М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – №5. – С. 46–51
7. Laguarta, J. COVID-19 artificial intelligence diagnosis using only cough recordings / J. Laguarta, F. Hueto, B. Subirana. // IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology. – 2020. – №1. – С. 275–281.

Использование EVE-NG в исследовательской деятельности обеспечения безопасности информации

А. И. Бочарова,
С. А. Будников, E-mail: ai.bocharova@yandex.ru,

ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»

Аннотация. *Рассмотрена возможность использования среды моделирования EVE-NG для проведения исследований по защищенности инфраструктуры. Продемонстрирована модель компьютерной атаки, эксплуатирующей уязвимость ZeroLogon.*

Ключевые слова: *компьютерная атака, среда моделирования, топология, уязвимость.*

Введение

В настоящее время стали актуальными исследовательские стенды для полунатурного моделирования объектов, а также процессов, характеризующих условия функционирования этих объектов. Высокая точность соответствия разработанных исследовательских стендов [1] реальным объектам позволяет исследовать дорогостоящие инфраструктуры и не оказывать влияния на основные процессы объекта изменять конфигурацию и параметры системы. Такие стенды дают возможность без значительных финансовых затрат исследовать работу объекта в различных вариантах реализации [2], а также сокращают сроки и снижают стоимость проектирования.

Инфраструктура такого исследовательского стенда может быть реализована с использованием технологии аппаратной виртуализации [3], виртуализации сетей, дискретно-событийного моделирования [4] и специального программного обеспечения, моделирующего процессы обмена информации и передачи команд управления, циркулирующих в реальных системах управления технологическими процессами или объектами.

Одним из направлений использования исследовательских стендов является повышение информационной безопасности инфраструктуры организаций за счет: исследования защищенности, обучения персонала и проведения киберучений. Исследование защищенности – это процесс проверки безопасности информационных систем на наличие возможных уязвимостей программных и программно-аппаратных средств, средств защиты информации и сетевых служб, вызванных ошибками

© Бочарова А. И., Будников. С. А., 2022

конфигурации, программного обеспечения и исходного кода приложений [5]. Обучение персонала проводится для повышения квалификации, получения новых знаний и развития профессиональных компетенций. Киберучения – это процесс практической подготовки, освоения и проверки навыков у учащихся, специалистов, экспертов и руководителей по обеспечению информационной безопасности путем моделирования компьютерных атак и отработки реакций на них.

Одним из множества решений, наиболее подходящих для создания исследовательских стендов, является разработка моделей инфраструктур в программной среде моделирования EVE-NG [6].

Цель работы: оценка возможностей EVE-NG для проведения исследований по выявлению уязвимостей кода, уязвимостей архитектуры, уязвимостей конфигурации, организационные уязвимости и многофакторные уязвимости.

Среда моделирования Emulated Virtual Environment – Next Generation (EVE-NG) – это набор инструментов для работы с виртуальными устройствами, построением сетей, коммутацией с реальным оборудованием. Возможности данного продукта позволяют легко использовать, управлять, коммутировать моделируемое сетевое оборудование.

У EVE-NG удобный и понятный интерфейс управления: главное окно содержит кнопки управления, вкладки управления и папки и файлы лаборатории. Вдобавок можно осуществить настройки узлов: количество центральных процессоров, выделенных узлу, IDLE PC для узлов Dynamips, NVRAM в Кб, RAM в Мб, количество Ethernet портов, количество последовательных портов.

Таким образом EVE-NG позволяет моделировать испытательную инфокоммуникационную систему с различным уровнем архитектурной интеграции. Особенностью данного комплекса является реализация поддержки вложенного многопоточного режима виртуализации – multi-hypervisor. Использование этого подхода позволяет EVE-NG отойти от концепции использования автономных виртуальных машин для эмуляции соответствующих сетевых устройств. С помощью multi-hypervisor можно создавать виртуальные топологии на основе программных эмуляторов IOU/IOL, Dynamips и узлов QEMU, объединяя все необходимые программные модули и сценарии в виде одного файла в рамках одной платформы или информационной модели.

Ключевыми возможностями EVE-NG является использование [7]:

– QEMU/KVM. В данной связке QEMU выступает в роли эмулятора железа, он достаточно гибок и может запускать код, написанный для одной архитектуры процессора, на другой (ARM на x86

или PPC на ARM). KVM же, в свою очередь, позволяет достигать высокой производительности благодаря виртуализации с аппаратной поддержкой, такой как Intel VT-x и AMD-V;

– IOU/IOL и Dynamips. Поддержка стареньких, но вполне рабочих коммутаторов и маршрутизаторов Cisco;

– Оптимизация памяти UKSM в ядре. При одновременном использовании однообразных ВМ позволяет дедуплицировать память и тем самым существенно снизить расход RAM;

– Полноценный веб интерфейс на HTML5;

– Многопользовательский режим для одновременной работы различных виртуальных лабораторий;

– Взаимодействие с «настоящей» сетью.

Особенность работы EVE-NG с QEMU-образами заключается в том, что сначала создается некий базовый образ, а при запуске и работе виртуальной машины все изменения пишутся в отдельный файл. Такой механизм очень удобен при групповом обучении, когда несколько пользователей делают параллельно одну исследовательскую работу: изменение настроек в образе у одного пользователя никак не влияет на остальных. Если образ стал неработоспособным вследствие неправильных настроек и на поиск проблемы нет времени, можно нажать кнопку Wipe (Wipe all nodes), и образ в лаборатории у конкретного пользователя вернется к состоянию базового.

Реализованная виртуализация по технологии QEMU в программной среде моделирования сетевых топологий EVE-NG позволяет моделировать типовые объекты как отдельные информационные модели. Созданные в среде QEMU образы основных (базовых) виртуальных устройств и средств позволяют развертывать достаточно сложные информационные модели объектов и формировать виртуальные топологии.

Далее рассмотрим пример моделирования в EVE-NG в интересах исследования защищенности систем в виде модели атаки ZeroLogon.

Компьютерная атака ZeroLogon основана на эксплуатации уязвимости BDU:2020-04016 (CVE-2020-1472). Уязвимость основана на криптографическом дефекте, где один из 256 случайно сгенерированных ключей шифрования состоит из всех нулевых байтов и, соответственно, приводит к шифрованию также всех нулевых байтов. Эта уязвимость позволяет, не прошедшему проверку подлинности, злоумышленнику с сетевым доступом к контроллеру домена аутентифицироваться и получить доступ к командной консоли на другом или этом же контроллере домена и впоследствии полностью контролировать всю критическую информационную инфраструктуру.

Сценарий атаки «Внутренний нарушитель – ZeroLogon» предполагает эксплуатацию уязвимости BDU:2020-04016 CVE-2020-1472 ZeroLogon на контроллере домена под управлением Windows Server 2012 для эскалации привилегий и внедрение полезной нагрузки (скрипта) (смотри рис. 1).

Порядок реализации сценария в среде моделирования EXE-NG.

1. Эксплуатация уязвимости BDU:2020-04016 Zerologon (CVE-2020-1472) на контроллере домена и добавление в группу «Администраторы домена» учетной записи нарушителя.

2. Использование доступа к командной консоли на АРМ оператора SCADA, формирование скрипта для выполнения команд на поиск технологической информации.

3. Эксплуатация уязвимости слабой системы парольной защиты интерфейсов управления и удаленного доступа (SSH) Сервера резервного копирования.

4. Получение доступа к архиву данных SCADA.

5. Поиск файлов, содержащих проекты управления, на АРМ оператора технологической установки, и удаление их.

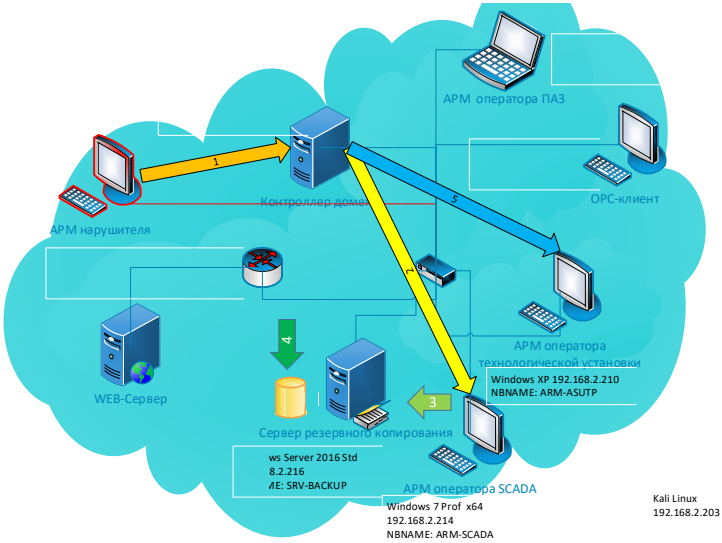


Рис. 1. Реализация сценария «Внутренний нарушитель – ZeroLogon»

Фрагменты реализации атаки ZeroLogon с использованием дистрибутива KaliLinux приведены на рис. 2 и рис. 3.

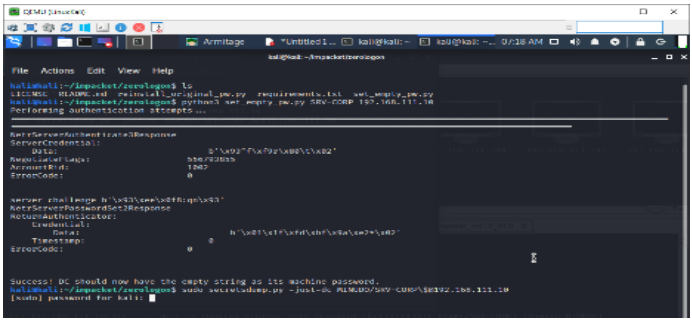


Рис. 2. Фрагменты реализации сценария «Внутренний нарушитель – ZeroLogon»

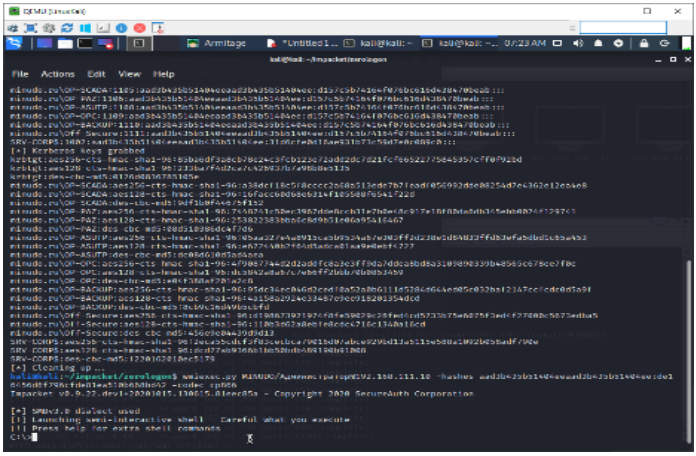


Рис. 3. Фрагменты реализации сценария «Внутренний нарушитель – ZeroLogon»

С использованием разработанной модели были обоснованы рекомендации по защите от компьютерной атаки ZeroLogon. Эти рекомендации сводятся к повышению оперативности реагирования на различных этапах проведения компьютерных атак соответствующих средств защиты.

Так снижение среднего времени срабатывания меры защиты от сниффинга с 15 до 8 минут, снижение среднего времени защиты от получения хэш-значений паролей из памяти с 15 до 10 мину, за счет использования системы более оперативного сигнатурного анализа сетевого трафика, исполнения правил для сетевых соединений, ведения

черных и белых списков приложений позволит повысить время гарантированной защиты инфраструктуры организации с 10 часов до нескольких суток [9].

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод. Программная среда моделирования EVE-NG предоставляет возможность для проведения широкого спектра исследований по выявлению уязвимостей. Она может быть использована для проведения учебно-тренировочных мероприятий, обучения персонала изучению, развертыванию, интеграции и тестированию разных продуктов.

Список литературы

1. Архангельский, О.Д. Практические подходы к созданию инфраструктуры индустриального киберполигона/ О.Д. Архангельский, Д.В. Сютов, А.В. Кузнецов // Автоматизация в промышленности. – 2020. – №11. – С. 52 – 57.
2. Демьянов, А. Тестирование кибербезопасности встроенных систем с помощью их цифрового двойника/ А. Демьянов // Электроника: наука, технология, безопасность. – 2021. – №7 (208). –. 126 – 129.
3. Гультяев, А.К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном (+CD) /А. К. Гультяев. – СПб.: Питер, 2006.– 224 с.
4. Карпов, Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5 / Ю. Карпов. – СПб.: БХВ – Петербург. 2005. – 400 с.
5. ГОСТ Р 56546-2015. Защита информации. Уязвимости информационных систем. Классификация уязвимостей информационных систем [Текст]. – Введ. 2016-04-01. М. : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
6. Программная среда на базе виртуализации для моделирования самых различных сетевых топологий в мультивендорной среде с эмулированием реального оборудования: [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. Яз. рус. – Режим доступа: http://eve-ng.ru/
7. Строим киберполигон. Используем EVE–NG, чтобы развернуть сеть для хакерских испытаний. Кирилл Мурзин. [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. Яз. рус. – Режим доступа: http://xakep.ru/2021/08/09/eve-ng/
8. Будников, С.А. Моделирование APT-атак, эксплуатирующих уязвимость ZeroLogon/ С.А. Будников, Е.Е. Бутрик, С.В. Соловьев// Вопросы кибербезопансости. – 2021. – №6 (46). – С. 47-61.

Определение оптимальных параметров проактивной защиты сервиса электронной почты от сетевой разведки

А. А. Горбачев, e-mail: infosec23.00@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *Проактивная защита сервиса электронной почты информационных систем различного назначения осуществляется за счет использования механизмов фрагментации ответных откликов почтовых серверов на запросы средств сетевой разведки, имитируя канал связи низкого качества. Статья содержит порядок определения соответствующих оптимальных параметров проактивной защиты.*

Ключевые слова: *электронная почта, сетевая разведка, проактивная защита, оптимизация.*

Введение

Применение различных методов сетевой разведки для исследования информационно-телекоммуникационных систем, таких как, использование уязвимостей в общесистемном программном обеспечении, подмена сетевых адресов, организация компьютерных атак направлены на осуществление анализа сетевого трафика, таблиц маршрутизации, сетевой топологии и конфигурации сетевого оборудования, а также сетевого сканирования с целью определения структуры, алгоритмов функционирования телекоммуникационного оборудования, перечня используемого программного обеспечения, средств защиты информации и других сведений [1-9].

Наряду с наиболее распространенными реактивными средствами защиты информационных систем, основанных на применении принципов фильтрации и идентификации шаблона вредоносного воздействия существуют проактивные средства защиты, такие как: средства маскирования структуры инфо-коммуникационной системы, средства маскирования информационного обмена распределенной информационной системы, средства, использующие временной и вычислительный ресурс злоумышленника («сетевые ловушки») [10-22].

Определение оптимальных параметров функционирования средств проактивной защиты клиент-серверных информационных сетей позволит обеспечить требуемый уровень эффективности защиты в условиях ресурсных ограничений.

© Горбачев А. А., 2022

1. Качественная постановка задачи

Принцип работы проактивных средств защиты сервиса электронной почты основан на фрагментации ответных откликов почтового сервера на d фрагментов, направляемые в ответ на запросы средств сетевой разведки через промежутки времени T (рис. 1).

Также существует возможность направления почтовым сервером дополнительных промежуточных (многострочных) откликов или отправка откликов с кодом временной или постоянной ошибки.

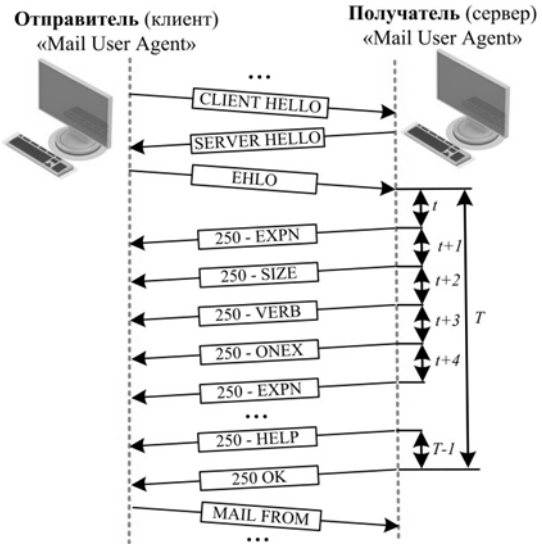


Рис. 1. Принципиальная схема работы проактивной защиты сервиса электронной почты

С целью бескомпроматного расходования ресурсов средств сетевой разведки указанные параметры проактивной защиты являются случайными величинами, имеющими в общем случае произвольные распределения.

С одной стороны, расчет эффективности (результативности) проактивной защиты сервиса электронной почты осуществляется с использованием математической модели функционирования сервиса электронной почты в условиях сетевой разведки, разработанной на основе математического аппарата случайных процессов, в частности, рекуррентных моделях первого порядка (марковские процессы с дискретным пространством состояний и непрерывным временем).

С использованием вышеуказанной математической модели определяется вид целевой функции, определяющей выбор соответствующих оптимальных параметров проактивной защиты.

С другой стороны, формирование дополнительных фрагментов ответных откликов приводит к увеличению служебного трафика и как следствие к дополнительному использованию пропускной способности канала связи. В связи с чем, при формировании условий определения оптимальных параметров проактивной защиты следует учитывать степень использования среды передачи данных.

2. Формализованная постановка задачи

Моделируемая система характеризуется внешними и внутренними параметрами S_i, Λ_{ij}, где S_i – состояния сервиса электронной почты, характеризующие этап процесса передачи сообщений электронной почты, λ_{ij} – интенсивности потоков событий, инициирующие переход из состояния i в состояние j.

Вектор $\{p_i(t)\}$ выходных характеристик математической модели представляет собой вероятность пребывания системы в состоянии i в момент времени t.

Вектор искомых оптимальных управляющих параметров u(d, T).

Начальное (краевое) условие представляет собой распределение вероятностей пребывания системы в состояниях в начальный момент времени.

Допустимые значения вектора выходных характеристик математической модели, вектора управляющих параметров, исходя из физических и ресурсных ограничений.

Ресурсные ограничения по увеличению количества промежуточных откликов/фрагментов определяются посредством оценки коэффициента использования среды передачи данных:

$$\rho = \frac{1}{V}\frac{\gamma d}{T}, \qquad (1)$$

где γ – величина дополнительных служебных данных на 1 дополнительный промежуточный отклик/фрагмент, [бит]; V – выделенная скорость передачи данных, [бит/с].

Уравнение объекта управления представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений Колмогорова, представляет собой выражение 2.

Решение вышеуказанных уравнений осуществляется с использованием аналитических и численных методов. В частности, явные, неявные методы Рунге-Кутта 8 порядка, многошаговый метод Адамса 8-го порядка, метод Гира и т.д. С учетом современных

возможностей средств вычислительной техники все вышеуказанные методы имеют приемлемую временную сложность (средняя продолжительность вычисления) 10^{-2} с и достаточную точность (относительная погрешность ниже 10^{-5}).

$$\begin{cases} \frac{dp_1}{dt} = p_2\lambda_{21} + p_4\lambda_{41} + p_6\lambda_{61} + p_8\lambda_{81} + p_9\lambda_{91} - p_1\lambda_{12}, \\ \frac{dp_2}{dt} = p_1\lambda_{12} - p_2(\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24}), \\ \frac{dp_3}{dt} = p_2\lambda_{23} + p_4\lambda_{43} - p_3(\lambda_{34} + \lambda_{35}), \\ \frac{dp_4}{dt} = p_2\lambda_{24} + p_3\lambda_{34} - p_4(\lambda_{41} + \lambda_{43} + \lambda_{45}), \\ \frac{dp_5}{dt} = p_3\lambda_{35} + p_4\lambda_{45} - p_5(\lambda_{56} + \lambda_{57}), \\ \frac{dp_6}{dt} = p_5\lambda_{56} - p_6(\lambda_{61} + \lambda_{67}), \\ \frac{dp_7}{dt} = p_5\lambda_{57} + p_6\lambda_{67} + p_9\lambda_{97} - p_7(\lambda_{78} + \lambda_{79}), \\ \frac{dp_8}{dt} = p_7\lambda_{78} - p_8(\lambda_{81} + \lambda_{89}), \\ \frac{dp_9}{dt} = p_7\lambda_{79} + p_8\lambda_{89} - p_9(\lambda_{91} + \lambda_{97}). \end{cases} \quad (2)$$

Тогда формализованная постановка задачи по максимизации вероятности удержания средства сетевой разведки при обеспечении заданного значения коэффициента использования среды передачи данных может быть представлена выражением:

$$J[u] = p_{y\partial}(u \,|\, \rho \le \rho^{кр}) \to \max. \quad (3)$$

3. Результаты расчетов

Решение указанной оптимизационной задачи может быть реализовано с использованием различных методов линейной и нелинейной оптимизации, в частности, в работе используется метод случайного поиска с адаптацией, обеспечивающий приемлемую относительную точность (10^{-5}), временную (средняя продолжительность вычисления 2,18 с) и пространственную сложность (используемый объем памяти 182 Мб). Для описанного выше примера со значением $\rho^{кр}$=0,001, V=10 Мбит/с значение целевой функции составляет величину J=0,997, а

набор оптимальных параметров реализации проактивной защиты сервиса электронной почты представляет собой вектор $\{d, T\}=\{89$ шт.; 0,21 с$\}$. Определение оптимальных параметров проактивной защиты сервиса электронной почты от сетевой разведки при различных ресурсных ограничениях представлено на рисунках 1 и 2:

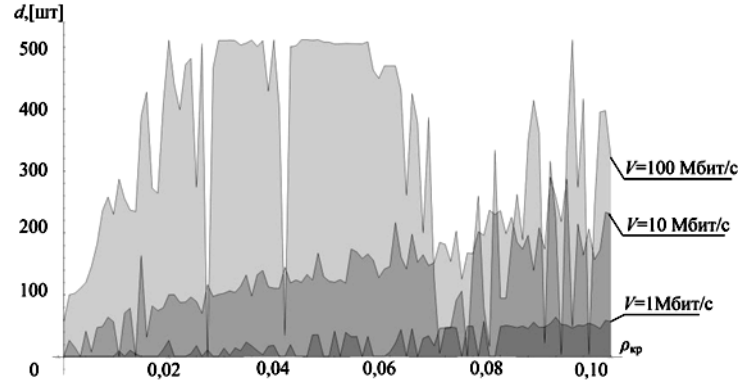


Рис. 2. Принципиальная схема работы проактивной защиты сервиса электронной почты

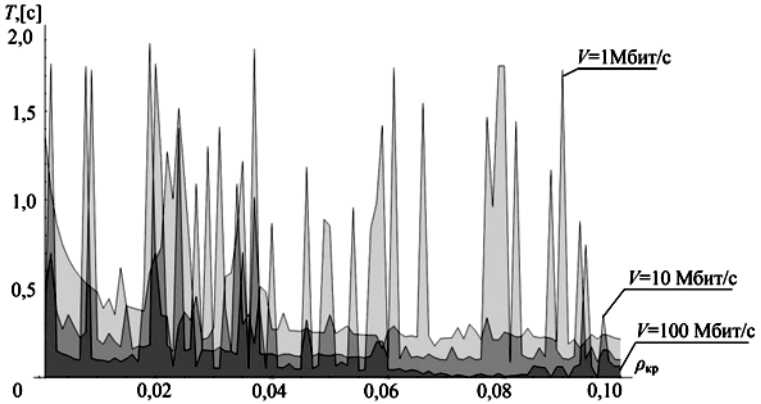


Рис. 3. Принципиальная схема работы проактивной защиты сервиса электронной почты

Заключение

Таким образом, определение оптимальных значений параметров проактивной защиты сервиса электронной почты в условиях воздействия

средств сетевой разведки позволяет установить наиболее эффективный режим работы средств проактивной защиты с учетом ресурсных ограничений.

Список литературы

1. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20–21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2018. – С. 47–52.

2. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50, G 06 F 21/60, H 04 L 9/00 / Соколовский С. П. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.18 ; опубл. 01.08.19, Бюл. № 22. – 30 с.

3. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т. 19. – № 5. – С. 1018-1049.

4. Соколовский, С.П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей "VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос" (Краснодар, 12-13 апреля 2018 г.). – Краснодар, 2018. – С. 299-304.

5. Катунцев С. Л. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

6. Душкин, А. В. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / А. В. Душкин, В. Н. Похващев, С. П. Соколовский // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

7. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI

Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 259-264.

8. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.] // Технические и технологические системы : материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17» (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117–121.

9. Душкин, А. В. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

10. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

11. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 1(72). – С. 181-187.

12. Устройство поиска информации [Текст] : пат. 2219577 Российская Федерация : МПК G 06 F 17/40 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2002111059/09 ; заявл. 24.04.2002 ; опубл. 20.12.2003, Бюл. № 1. – 27 с.

13. Способ выбора безопасного маршрута в сети связи (варианты) : пат. 2331158 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/28 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2007103774/09 ; заявл. 31.01.2007 ; опубл. 10.08.2008, Бюл. № 22. – 34 с.

14. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 151-155.

15. Максимов, Р.В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-

практической конференции (Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 г.). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 147-154.

16. 7. Максимов, Р.В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 г.). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 138-147.

17. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (Красноярск, 11–15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – С. 447-448.

18. Способ сравнительной оценки структур информационно-вычислительной сети : пат. 2408928 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/20 H 04 L 12/28 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2009129726/08 ; заявл. 03.08.2009 ; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1 – 16 с.

19. Способ (варианты) и устройство (варианты) защиты канала связи вычислительной сети : пат. 2306599 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2006114272/09 ; заявл. 26.04.2006 ; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26 – 56 с.

20. Способ мониторинга безопасности автоматизированных систем : пат. 2355024 Российская Федерация : МПК G 06 F 15/00 G 06 F 17/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2007105319/09 ; заявл. 12.02.2007 ; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13 – 15 с.

21. Способ защиты вычислительных сетей : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801 H 04 L 29/06 H 04 L 9/32 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.2017 ; опубл. 04.04.2018, Бюл. № 10 – 25 с.

22. Способ защиты вычислительных сетей : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50 G 06 F 21/60 H 04 L 09/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.2018 ; опубл. 01.08.2019, Бюл. № 22 – 30 с.

Способ повышения эффективности обфускации компьютерного кода при деструктивном воздействии на основе синтеза программ

В. О. Даренских, email: darenskih.vadim@yandex.ru
А. А. Дорофеев, email: andrei3267@gmail.com
Я. С. Тодояков, email: todoyakovs@mail.ru
М. В. Соколов, email: SaSa_t@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается способ повышения эффективности обфускации компьютерного кода при деструктивном воздействии на основе синтеза программ, а также предложен подход, устойчивый к атакам на основе синтеза программ, и определены пределы синтеза в эмпирическом исследовании.*

Ключевые слова: *обфускация, деобфускация, синтаксис, программный синтез, ГОСТ Р 34.11-2012.*

Введение

Опора на синтаксическую сложность в современных схемах обфускации и широкий арсенал передовых методов деобфускации вызвали интерес к дальнейшим исследованиям по созданию более устойчивых схем, направленных на препятствование этим автоматическим анализам. Были выдвинуты предложения по затруднению анализа "испорченности" [1-4] и неэффективности символьного выполнения [5-9]. Например, последнее может быть достигнуто путем инициирования исследования путей для механизма символьного выполнения путем искусственного увеличения числа путей для анализа. Появились и другие перспективные схемы обфускации, включая смешанные булево-арифметические (MBA) выражения, которые предлагают модель для сложного кодирования произвольных арифметических формул. Выражения представлены в области, которая нелегко поддается упрощению, эффективно скрывая фактические семантические операции. Обычно автоматизированные подходы к деобфускации MBA основаны на символическом упрощении; эти методы опираются на определенные предположения о структуре выражения, что делает их непригодными для упрощения таких выражений в общем случае.

© Даренских В. О., Дорофеев А. А., Тодояков Я. С., Соколов М. В., 2022

Методы деобфускации на основе синтеза программ являются основными методами для автоматического анализа обфусцированного кода.

1. Синтез программ

В отличие от других методов, основанных на синтаксическом анализе обфусцированного кода, подходы, основанные на программном синтезе, функционируют на семантическом уровне. В рамках таких методов код рассматривается, как черный ящик, а его восстановление основано на анализе данных ввода-вывода. В таких подходах как SYNTIA и XYNTIA реализован стохастический алгоритм, с помощью которого производится поиск выражения, обладающего эквивалентным поведением [10]. Другие подходы, например, QSYNTH, основаны на перечислительном синтезе: они вычисляют большие таблицы поиска выражений, которые используются для упрощения частей выражения, уменьшая его общую комплексность. При деобфускации кода эти подходы используются для упрощения синтаксически сложных конструкций или для изучения семантики обработчиков ВМ.

Пример 1: Рассмотрим функцию

$$f(x, y, c) := (x \oplus y) + 2 \cdot (x \wedge y) \quad (1)$$

Для того, чтобы узнать основную семантику функции f, были сгенерированы случайные входы.

$$f(2,2,2) = 4,\ f(10,13,10) = 23,\ f(16,3,0) = 19 \quad (2)$$

В результате синтеза программы, очевидно, что функция g имеет вид $g(x, y, c) := x + y$ и обладает эквивалентным поведением входа-выхода. Стоит отметить, что параметр c в данном случае не имеет значения.

Зачастую супероператоры содержат в себе различные семантики, представленные в виде отдельных входов/выходов. Это позволяет злоумышленнику синтезировать каждую семантику независимо, воздействуя на каждый вход по отдельности..

2. Пределы синтеза программ

В рамках исследования было произведено оценивание зависимости успешности синтеза программ от семантической сложности. Сгенерировано 10 000 случайных выражений для каждой семантической глубины от 1 до 20 и измерено количество успешно синтезированных. При моделировании искомой функции f, была использована грамматика SYNTIA [11-14] для генерации случайных выражений в зависимости от трех переменных. Основываясь на рекомендациях экспертов, был задан

вектор конфигурации SYNTIA равный (1.5, 50000, 20, 0) и используемый для синтеза каждого выражения.

Исходя из рисунка можно сделать вывод, что простые выражения могут быть синтезированы довольно легко; при семантической глубине 7, только ~50% может быть синтезировано. При большей семантической глубине синтез выражений становится все менее вероятным.

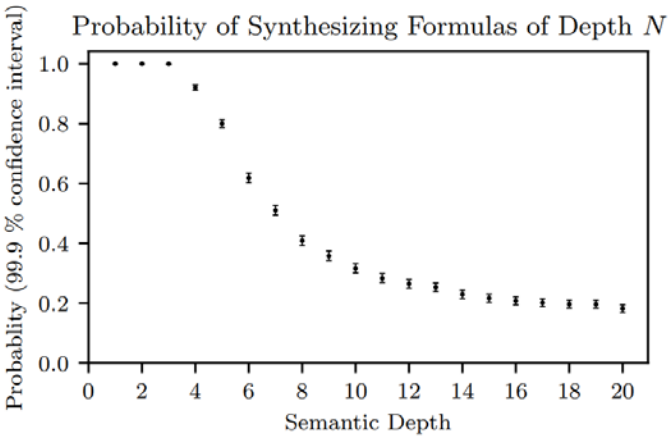


Рисунок. Вероятность синтеза выражений для формул глубины N

Заключение

Таким образом, в данной статье описан способ повышения эффективности обфускации компьютерного кода при деструктивном воздействии на основе синтеза программ, а также предложен подход, устойчивый к атакам на основе синтеза программ, и определены пределы синтеза в эмпирическом исследовании. деобфускации.

Список литературы

1. Дидрих, В. Е. Методика оценки изменений показателей свойств исходных текстов программного обеспечения после обфускации / В. Е. Дидрих [и др.] // Информация и безопасность. – 2014. – Т. 17. – № 2. – С. 288-291.

2. Казарин, И. С. Обзор сетевых атак на информационные системы / И. С. Казарин, Е. М. Михайлова // В сборнике: Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. Сборник материалов XXXIX Молодежной международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.С. Чернова. – 2017. – С. 140-148.

3. Диченко, С. А. Реализация двоичных псевдослучайных последовательностей линейными числовыми полиномами / С. А. Диченко, А. К. Вишневский, О. А. Финько // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 12 (125). – С. 130-140.

4. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности данных в защищенных информационно-аналитических системах / С. А. Диченко, О. А. Финько // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2021. – № 676. – С. 36-49.

5. Диченко, С. А. Модель контроля целостности многомерных массивов данных / С. А. Диченко // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2021. – № 2 (46). – С. 97-103.

6. Сухов, А. М. Математическая модель процесса функционирования подсистемы реагирования системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак / А. М. Сухов [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2019. – № 2. – С. 56-64.

7. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности многомерных массивов данных посредством криптокодовых конструкций / С. А. Диченко, О. А. Финько // Программирование. – 2021. – № 6. – С. 3-15.

8. Сухов, А. М. Индуктивный подход для оценки защищенности информационно-телекоммуникационной сети / А. М. Сухов [и др.] // Защита информации. Инсайд. – 2017. – № 6 (78). – С. 68-73.

9. Диченко, С. А. Разработка алгоритма контроля и обеспечения целостности данных при их хранении в центрах обработки данных / С. А. Диченко [и др.] // Сб. науч. статей VIII Междунар. молод. научнопр. конф. с элементами науч. шк. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

10. Сачков, И. К. Автоматизация противодействия бот-атакам / И. К. Сачков, А. Н. Назаров // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8. – № 6. – С. 5-9.

11. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.

12. Дементьев, В. Е. Понятийный аппарат протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети / В. Е. Дементьев, А. В. Дементьева, Д. А. Маняшин // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей. – 2016. – С. 70-74.

13. Сухов, А. М. Математическая модель процесса функционирования подсистемы реагирования системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак / А. М. Сухов [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2019. – № 2. – С. 56-64.

14. Варновский, Н. П. Современное состояние исследований в области обфускации программ: определения стойкости обфускации / Н. П. Варновский [и др.] // Труды Института системного программирования РАН. – 2014. – Т. 26. – № 3. – С. 167-198.

Перспективы развития ИТ-решений в сфере ИБ для организаций малого и среднего бизнеса

В. С. Ефимов, email: vs.efimov@live.unecon.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *Изучена статистика применения облачных сервисов в России и возникающие при их использовании угрозы. Сформулированы перспективы развития СЗИ.*

Ключевые слова: *Информационная безопасность, ИТ-решения, средства защиты информации, облачные сервисы.*

Введение

Большинство компаний из всех секторов экономики переходят или уже перешли на использование облачных сервисов. Эта тенденция сохраняется уже несколько лет, но в 2020 и 2021 годах количество компаний, использующих такие решения, сильно увеличилось из-за нестабильной эпидемиологической обстановки в мире.

Периодические долгосрочные карантины не позволяют владельцам компаний вести работу в режиме «оффлайн». Больше всего в этой ситуации пострадали предприятия малого и среднего бизнеса. Из-за дороговизны и нецелесообразности использования крупных ИТ-решений, позволяющих создавать защищенную корпоративную сеть для выполнения сотрудниками своих должностных обязанностей независимо от их расположения и со своих персональных компьютеров, владельцы бизнесов столкнулись с серьезной проблемой.

В своей работе автор рассматривает проблемы информационной безопасности, возникающие при переходе малого и среднего бизнеса к удалённой работе с использованием облачных решений, и перспективы развития программных ИТ-решений в области информационной безопасности.

На данный момент времени – это особенно актуально. Как известно, сначала создаются ИТ решения, а потом СЗИ (средства защиты информации) для этого решения. Отсюда можно сделать вывод, что перспективы развития решений ИБ напрямую зависят от тенденций развития информационных технологий. Грамотная оценка возможности возникновения тех или иных уязвимостей поможет заранее перестроить систему защиты информации и сократить возможные убытки, либо избежать их вовсе.

© Ефимов В. С., 2022

1. Статистика киберпреступлений в России

К сожалению, увеличение частоты совершения киберпреступлений во всем мире не обошло и России. Чаще всего, мошенники совершают преступления через e-mail адреса сотрудников или их телефоны. С переходом на удаленный режим работы количество атак только возросло [1].

По данным Генпрокуратуры число атак, совершенных на ИТ-системы в 2020 году, возросло до 510,4 тысяч случаев. А за первые семь месяцев 2021 года было совершенно 320 тысяч аналогичных преступлений, что на 16% больше, чем за тот же период в 2020 году. При этом от действий злоумышленников могут пострадать не только ИТ-системы малых и средних компании, но и госорганов. Этот вывод основан на исследовании, представленном компанией «Ростелеком-Солар», в котором были проанализированы системы защиты информации в 40 госорганизациях [1].

«Вишенкой на торте» является исследование компании Check-point, в котором подсчитано среднее число на организации в неделю. С точными цифрами можно ознакомиться в таблице ниже.

Таблица

Среднее число атак на организации в неделю

	В России	В мире
Мобильные угрозы	5,9%	4,9%
Банковские угрозы	4,6%	2,9%
Криптомайнеры	10,3%	6,1%
Ботнеты	11,9%	7,6%
Инфостилеры	4,6%	2,9%

2. Перспективы развития ИБ-решений

Для более объективного отражения перспектив развития СЗИ предлагается проанализировать угрозы и риски, возникающие при использовании ранее описанных ИТ решений, но для этого необходимо лучше понимать их устройство.

Облачные сервисы разделяются на SaaS, IaaS и PaaS. Согласно [2] большую часть рынка представляет категория SaaS – 65,8%. За ней идут IaaS – 23,1% и PaaS – 11,1%.

SaaS – приложение размещено на серверах провайдера услуги, что накладывает ограничения на возможности конечно пользователя по конфигурации инфраструктуры, настройки и выбору ОС (операционной системы). Самому пользователю лишь предоставляется доступ к веб-интерфейсу, использование которого возможно практически на любой

платформе. Примерами такого сервиса являются Saleforce, Cisco WebEx от Cisco [3].

IaaS – при использовании такого сервиса все функции администрирования выполняет конечный пользователь. Ему предоставлен полный контроль над вычислительными мощностями, конфигурацией облачного сервиса и право выбирать ОС, и другие необходимые для работы сотрудников приложения. Примерами этого типа являются Cherry, Microsoft Azure и AWS (Amazon Web Services) [3].

PaaS – пользователь может самостоятельно размещать на платформе необходимые ему приложения, настраивать их, но вычислительные мощности контролируются провайдером услуги. Яркими примерами могут служить хостинги веб-приложений [3].

При этом аналитики прогнозируют дальнейший рост отрасли облачных технологий не только в России, но и во всем мире. По оценкам экспертов от Raconteur, к 2025 рост ежедневных операций с онлайн данными составит 245%, по отношению к показателям в 2020 году (рис. 1). А это, в свою очередь, увеличит объем данных, хранящихся в облачных сервисах, до 175 зеттабайт.

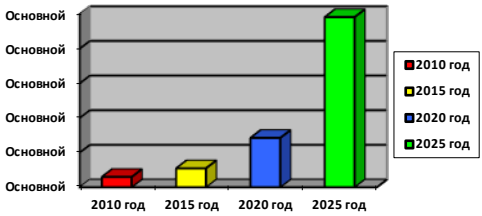


Рис. 1. Прогноз роста ежедневных операций с данными в интернете

По доступности облачные сервисы разделяют на частные облака, общественные облака, публичные и гибридные облака.

Внезависимости от типа и варианта доступности все облачные решения имеют целый ряд угроз, они существуют с самого создания облачных сервисов. Но это лишний раз подчеркивает необходимости разработки ИБ-решений способных избавить провайдеров и пользователей от «старых» угроз.

Выделяются следующие ключевые угрозы:

– кража данных;
– кража аккаунтов;

– инсайдерские атаки;
– DDOS-атаки.

Кража данных является постоянным страхом как пользователей, доверивших свою конфиденциальную информацию или персональные дынные провайдеру, так и самого провайдера. Реализация этой угрозы возможна двумя способами – физически и перехватом информации при ее передаче. Вариант проникновения злоумышленника на территорию Data-центра, оборудованного охранной системой с камерами видеонаблюдения и должным образом настроенной СКУД (система контроля управления доступом), сложно себе представить. А вот возможность перехвата информации при ее передаче вполне реальна. В связи с этим, фактически единственным, решением для малого и среднего бизнеса является использование криптографических средств защиты информации совместно с провайдером услуги. Предлагается установка «шифровальщиков» на сервера провайдера и ТС (технические средства) пользователя.

На данный момент на рынке ИБ решений имеется множество подобных готовых решений, которые подходят для малого и среднего бизнеса. Но развитие искусственного интеллекта и возможность злоумышленника использовать огромные вычислительные мощности все тех же облачных сервисов для взлома зашифрованной информации не делает этот способ защиты информации «панацеей».

Кража аккаунтов – по данным исследования, проведенного компанией Varonis [4], 43% проанализированных учетных записей пользователей облачны сервисов устарели либо не используются вовсе, что делает их легкой мишенью для злоумышленников.

Помимо этого, одна из четырех облачных учетных записей является машинной, а значит она постоянно активна и подвержена взлому круглосуточно. А программы-сканеры и службы безопасности часто игнорируют деятельность такой учетной записи из-за ее работы в фоновом режиме. И это далеко не все возможные способы реализации кражи аккаунтов, еще одни является неправильная настройка прав доступа пользователей (44% учетных записей настроены некорректно). В наше время на рынке не существует надежной защиты от этой угрозы, SIEM системы не всегда могут корректно воспринимать и обнаруживать связанные с ней уязвимости, а внутренние политики ИБ сильно подвержены «человеческому фактору».

Инсайдерские атаки – угроза способная нанести колоссальный ущерб как отдельному подразделению, так и всей организации. Эта угроза имеет множество вариантов реализации. И практически нет способов противостоять этой угрозе. Один из способов может быть

ограничение прав сотрудников до минимума. SIEM-системы тоже являются решением, но даже самые современные из них все еще не могут обеспечить надежную защиту.

DDOS-атаки, на облачные сервисы могут реализовываться атаки типа «отказ в обслуживании», данный тип атак вызывает перегрузку инфраструктуры. Это приводит к трате огромных вычислительных мощностей на поддержание работоспособности системных ресурсов, из-за чего основные функции облачного сервиса становятся недоступны для пользователей решения. Перестают работать не только функции сервиса, но и в системе защиты появляются «дыры», благодаря которым злоумышленники получают доступ к конфиденциальной информации и данным учетных записей, хранящихся на серверах. Чаще всего применяются распределенные, или DDoS-атаки, но существуют и другие типы атак, которые могут нанести существенный ущерб системе. На пример, используя уязвимости в Web-сервисах или базах данных, с помощью асимметричных DoS-атак прикладного уровня злоумышленники могут «выключить» приложения с очень малой полезной нагрузкой [5]. Сила атак такого рода зависит от ресурсов вычислительных мощностей, которыми располагают злоумышленники. Не так давно это были тысячи ПК со всего мира, зараженных примитивным вирусом, но на сегодняшний день у злоумышленников есть возможность использовать несколько облачных сервисов. В таком случае вычислительные мощности можно сравнить с сотнями тысяч ПК, что ставит серьезные вопросы перед службами безопасности любого бизнеса, в том числе малого и среднего. Учитывая, что у малого и среднего бизнеса нет огромных финансовых ресурсов для создания качественной и стойкой к таким атакам системы защиты, то решением является использование межсетевых экранов. Например, решения от StormWall, AKAMAI могут сократить убытки. Помимо этого, необходимо постоянно проводить резервное копирование критически важной информации.

Стоит отметить, что упомянутые решения актуальны на данный период времени, но, с текущими темпами роста развития информационных технологий, их эффективность быстро сократится. Компаниям, использующим межсетевые экраны для защиты сетевых подключений, всегда важно помнить об этом и постоянно искать пути для совершенствования своей системы защиты.

Учитывая все вышеописанные угрозы, можно сделать вывод о том, как и в каком направлении будут развиваться ИБ-решения. Разработчикам решений по информационной безопасности необходимо внимательно

следить за развитием не только облачных, но и остальных информационных технологий.

Для решения проблемы защищенности малого и среднего бизнеса от кибератак нужно развивать средства защиты сетевых подключений и особое внимание уделять доступности качественных межсетевых экранов.

Заключение

В данной статье была приведена статистика киберпреступлений в России, их направленность и специфика.

Проанализирована статистика использования облачных сервисов и тенденции их развития. Кроме этого, в работе были рассмотрены основные угрозы, возникающие при использовании облачных сервисов малыми и средними предприятиями. Также обозначены недостатки существующих методов и средств защиты информации. На основе изложенных в работе фактов выдвинуты предположения по перспективам развития средств защиты информации для малого и среднего бизнеса.

Список литературы

1. Число киберпреступлений в России [Электронный ресурс]: Статья – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/

2. Облачные сервисы (рынок России) [Электронный ресурс]: Статья – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php

3. Яковлев М. С. Модели облачных сервисов: IAAS, PAAS, SAAS / М. С. Яковлев, Е. Н. Барашко, М. А. Шевченко // Наука и инновации в современном мире: Сборник научных статей / Научный редактор А. Х. Цечоева. – Москва, 2020. – С. 145-147.

4. Исследование рисков SaaS Varonis: 43% всех облачных учетных записей устарели, не используются и подвергаются риску. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://blog.varonis.ru/saas-risk-report

5. Кадыров Р. Р. Методы обнаружения и предотвращения DDOS-атак / Р. Р. Кадыров // Политехнический молодежный журнал. – 2019. – № 7 (36). – С. 10.

Состав и особенности нового набора данных для решения задачи повторной идентификации человека в системах видеонаблюдения

С. А. Игнатьева, email: ignateva604@gmail.com
Р. П. Богуш, email: r.bogush@psu.by

Полоцкий государственный университет, Беларусь

Аннотация. *В данной работе предлагается новый набор данных PolReID для обучения и тестирования нейросетевых алгоритмов повторной идентификации человека на изображениях, полученных из видео систем наблюдения. Выполнена и представлена оценка обучающей способности предлагаемого набора данных путем сравнения точности работы алгоритма повторной идентификации, обученного на PolReID и на распространенном наборе данных Market-1501.*

Ключевые слова: *сверточные нейронные сети, набор данных PolReID, Market-1501, повторная идентификация человека.*

Введение

Повторная идентификация человека представляет собой поиск интересующего человека на кадрах, полученных с нескольких камер видеонаблюдения. Разные углы обзора и положение человека относительно камеры видеонаблюдения не позволяют выполнять идентификацию по лицу, и приходится учитывать другие дескрипторы, например такие как рост, телосложение, одежда, прическа и пр. Для извлечения признаков наиболее эффективным решением является использование сверточных нейронных сетей (СНС). Для надежной работы алгоритма повторной идентификации СНС необходимо обучить, и чем более разнообразной будет обучающая выборка, тем более эффективные признаки будут извлечены, и тем точнее будет алгоритм повторной идентификации.

Большинство наборов данных для повторной идентификации содержат изображения, где каждый человек показан с разных ракурсов, выборка содержит изображения людей разных полов и возрастов. Однако при этом они формируются на основе видеопоследовательностей, полученных с ограниченного количества статичных камер, что позволяет нейронной сети изучить не только признаки человека на изображении, но также фон и возможные окклюзии, обусловленные ландшафтом или предметами интерьера. Это будет иметь положительный эффект, если

© Игнатьева С. А., Богуш Р. П., 2022

применять алгоритм повторной идентификации в тех же условиях, в которых была сформирована выборка для обучения нейронной сети. Алгоритм повторной идентификации, обученный на наборе данных сформированном в открытом пространстве будет работать лучше, если тестовая выборка так же была получена с камер наружного наблюдения. Если в обучающей выборке присутствуют только люди в летней одежде, то обученная система повторной идентификации не сможет показать удовлетворительного результата при тестировании на изображениях, полученных в другое время года. Эта проблема особенно актуальна в условиях умеренного климата, где смена времен года ярко выражена, и в случае применения алгоритма повторной идентификации человека, во избежание необходимости переобучения нейронной сети каждый сезон, для обучения необходимо использовать набор данных, охватывающий различные условия.

Мы предлагаем к рассмотрению набор данных, который был сформирован на основе видеопоследовательностей, полученных в разное время года при различных условиях с 286 различных камер, имеющих разные характеристики и расположенных на различной высоте. Все это позволяет максимально разнообразить состав набора данных, и позволяет повысить обобщающую способность СНС, обученной на такой выборке.

1. Подходы к формированию наборов данных для повторной идентификации

Существующие наборы данных для повторной идентификации, отличаются размером, составом, количеством используемых камер. Для создания набора данных используются кадры, полученные с нескольких камер видеонаблюдения. В качестве изображений для обучения СНС могут использоваться отдельные кадры целиком, как в наборах данных «Large scale person search» [1] и PRW [2], или вырезанные с этих кадров прямоугольные фрагменты, т.н. ограничительные рамки, содержащие только изображение человека. Такие наборы данных могут содержать комплекты ограничительных рамок, полученных с нескольких последовательно идущих кадров, которые называются треклетами (tracklets), как например в наборах данных MARS [3], LPW [4] и др. Также базы данных могут содержать ограничительные рамки, полученные с отдельных кадров, взятых с некоторым интервалом по времени, как Market-1501 [5], CUHN01, CUHN02, CUHN03 [6-8] и др. В зависимости от типа алгоритма повторной идентификации для его обучения используется соответствующий набор данных.

Изображения для наборов данных могут быть получены при различных условиях, съемка может осуществляться на улице (Market-1501, LPW, PRID [9]) или в помещении (QMUL iLIDS, Airport [10]) с

разным количеством камер и способом их расположения. Например, в наборе данных CUHN01 изображения для каждого человека получены с двух камер, области обзора которых не пересекаются. В CUHN02 используется пять таких пар камер, а в CUHN03 изображения получены с шести камер, но для каждого человека предоставляются ограничительные рамки только с двух камер из шести. При формировании LPW использовалось три разных локации, и на первой локации было установлено три камеры, на двух других по четыре камеры. Наборы данных PRW, Market1501 и MARS были получены в одном и том же месте возле супермаркета в университете Циньхуа с одних и тех же шести камер, и отличаются только способом представления данных: кадры целиком, ограничительные рамки с изображением человека, и треклеты.

2. Характеристика нового набора данных PolReID

Сформированный нами набор данных PolReID размещен в [11], включает 31 919 изображения для 271 человека, является расширенной версией набора из [12], и может быть использован в научных целях для обучения и тестирования алгоритмов повторной идентификации людей в распределенных системах видеонаблюдения. От каждого человека, представленного в наборе данных, было получено письменное информированное согласие на использование их изображений в исследовательских целях.

Изображения каждого человека получены с разного количества камер, от двух до десяти, расположенных в разных локациях, и от одной до девяти видеопоследовательности с каждой камеры. Всего использовалось 286 камер на более чем 200 локациях, на улице при разных погодных условиях и временах года (лето, осень и зима) и в помещениях, с естественным и искусственным освещением различной интенсивности. Примеры изображений представлены на рис. 1.

PolReID содержит изображения мужчин и женщин от 18 до 60 лет с нескольких ракурсов в различных локациях в разное время года. Присутствуют примеры людей в масках, с разнообразными предметами в руках (телефон, рюкзак, сумка, папка), окклюзиями. Статистическая информация о составе PolReID приведены в табл. 1.



Рис. 1. Примеры изображений из набора данных PolReID

Таблица 1

Статистические данные о составе PolReID

Характеристика		**Количество человек**
Пол	Мужской	194
	Женский	77
Возраст	18 – 30 лет	230
	Более 30 лет	41
Время года	Лето	47
	Осень	176
	Зима	48
Условия съемки	В помещении	119
	На улице	112
	На улице и в помещении	40
Наличие маски	В маске	125
	Без маски	137
	В маске и без маски	9

Каждое изображение представляет собой ограничительную рамку, полученную с помощью сверточной нейронной сети YOLOv4 [13] из кадров на видео с разными временными интервалами. Ограничительные рамки не имеют фиксированного размера. Их размер определяется разрешением камеры, с которой было получено изображение и расстоянием между человеком и камерой.

В табл. 2 представлено сравнение PolReID с некоторыми существующими наборами данных.

Таблица 2

Сравнительная таблица наборов данных для повторной идентификации.

Набор данных	**Количество камер**	**Количество человек**	**Количество ограничительных рамок**	**Размер изображений**
Large scale person search	6	8432	99 809	Различный
PRW	6	932	34 304	Различный
MARS	6	1 261	1 191 003	256×128
LPW	3,4,4	2 731	592 438	256×128
Market1501	6	1 501	32 217	128×64
CUHN01	2	971	3 884	160×60
CUHN02	10(5пар)	1 816	7 264	160×60
CUHN03	6	1 360	13 164	Различный
PRID	2	934	24 541	128×64
QMUL iLIDS	2	119	476	Различный
Airport	6	9 651	39 902	128×64
PolReID	286	271	31 919	от 200×70 до 2957×1800

3. Результаты экспериментов

При проведении экспериментов используется алгоритм повторной идентификации предложенный в [14], который реализован на фреймворке PyTorch. С помощью CHC извлекаются дескрипторы для каждого изображения человека в галерее тестовой выборки, и формируется таблица признаков. Для каждого изображения-запроса, поступающего на вход алгоритма повторной идентификации так же извлекается дескриптор, и выполняется ранжирование таблицы признаков по максимальному подобию с запросом. В качестве метрики подобия используется косинусное расстояние между дескриптором запроса и дескрипторами всех остальных изображений галереи тестовой выборки. Из ранжированной таблицы признаков исключаются дескрипторы изображений, полученных с той же камеры, что и запрос и определяются

10 наиболее вероятных изображений-кандидатов. На рис. 2 представлен пример работы алгоритма повторной идентификации. Меткой «query» отмечены запросы, «true» – верные предположения, «false» – ошибочные.



Рис. 2. Пример работы алгоритма повторной идентификации при тестировании на PolReID

Для оценки точности повторной идентификации используются метрики Rank1 и mAP. Метрика RankN характеризуется процентом запросов, для которых верное решение было получено среди N первых наиболее вероятных кандидатов, т.о. метрика Rank1 показывает процент запросов, для которых идентификатор первого изображения-кандидата совпадает с идентификатором запроса. mAP (Mean Average Precision) является оценкой точности алгоритма повторной идентификации, отражающей среднее значение средней точности для всех запросов.

При тестировании в качестве экстрактора признаков были рассмотрены три архитектуры СНС, такие как ResNet-50, DenseNet-121 и DarkNet-53 без предварительного обучения и ResNet-50, DenseNet-121 с предварительным обучением. Предварительное обучение подразумевает, что при обучении задаче повторной идентификации начальные веса инициализируются не случайным образом, а загружаются из модели, которая была обучена на ImageNet для задачи классификации изображений 1000 классов. Обучение на наборах PolReID и Market1501 осуществлялось в течение 60 эпох со скоростью 0,03.

PolReID разделен на обучающую и тестовую выборку случайным образом, и обучающая выборка представлена 16770 изображениями для 145 человек, а тестовая – 15149 изображений, из которых 664 изображения являются запросами для 126 человек. В Market1501 для обучения используется 12936 ограничительных рамок для 751 человека, а для тестирования 19732 изображения для 750 человек. В качестве запросов используется 3368 изображений. Обучающие и тестовые выборки не пересекаются. Результаты тестирования представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты тестирования алгоритма повторной идентификации человека на наборах данных Market1501 и PolReID с использованием разных СНС.

СНС	Market1501		PolReID	
	Rank1, %	**mAP, %**	**Rank1, %**	**mAP, %**
ResNet-50*	81,3242	57,6058	83,7349	57,9885
DenseNet-121*	79,1865	56,3257	86,8976	59,8424
DarkNet-53*	80,0772	57,1173	87,5000	61,4378
ResNet-50**	87,7081	70,5364	94,3289	74,0913
DenseNet-121**	89,7821	73,4390	94,5783	76,2445

* – СНС без предварительного обучения, ** – СНС с предварительным обучением на ImageNet.

Анализ табл.3 показал, что точность Rank1 и mAP повторной идентификации для PolReID выше, чем для Market1501 во всех проведенных экспериментах, а лучший показатель точности на наборе данных PolReID с использованием СНС без предварительного обучения был получен на DarkNet-53, и Rank1 выше на 7,42%, mAP на 4,32% по сравнению с точностью на наборе данных Market1501. При использовании предобученных СНС точность повторной идентификации выше при использовании DenseNet-121, а Rank1 и mAP для PolReID выше на 4,8% и 2,81% соответственно, по сравнению с Market1501.

Заключение

Для формирования PolReID использовалось 286 камер, установленных на более чем 200 локациях с различной сложностью фона и в разное время года. Однако PolReID не имеет достаточной сбалансированности классов, что может привести к тому, что точность ре-идентификации для разных групп людей будет различаться. Несмотря на указанный недостаток, разнообразие изображений, разделенных на обучающую и тестовую выборки случайным образом, позволяет получить удовлетворительные результаты при тестировании алгоритма повторной идентификации с СНС обученной на PolReID. Об этом свидетельствуют проведенные эксперименты, показавшие, что точность алгоритма повторной идентификации, обученного с использованием PolReID выше, чем при использовании для обучения набора данных Market1501.

Список литературы

1. Joint Detection and Identification Feature Learning for Person Search. / T. Xiao [and all] // (IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2017. – P. 3376-3385.
2. Person Re-identification in the Wild / L. Zheng [and all] // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2017. – P. 3346-3355.
3. Mars: A video benchmark for large-scale person re-identification. / L. Zheng [and all] // In European Conference on Computer Vision. Springer International Publishing. – 2016 October. – P. 868-884.
4. Region-based Quality Estimation Network for Large-scale Person Re-identification. / G. Song [and all] // AAAI. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://arxiv.org/pdf/1711.08766.pdf
5. Scalable Person Re-Identification: A Benchmark / L. Zheng [and all] // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2015. – P. 1116-1124.
6. W. Li. Human Reidentification with Transferred Metric Learning / W. Li, R. Zhao, X. Wang // Proceedings of Asian Conference on Computer Vision (ACCV2012) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/283232323_People_re-identification_using_two-stage_transfer_metric_learning
7. W. Li. Locally Aligned Feature Transforms across Views / W. Li., X. Wang // Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/261276851_Locally_Aligned_Feature_Transforms_across_Views
8. DeepReID: Deep filter pairing neural network for person re-identification. / Li, W. [and all] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2014. – P. 152-159.
9. Person re-identification by descriptive and discriminative classification. / Hirzer, M. [and all] // In Scandinavian conference on Image analysis. Springer Berlin Heidelberg. – 2011, May. – P. 91-102.
10. Karanam, S. A Systematic Evaluation and Benchmark for Person Re-Identification: Features, Metrics, and Datasets. / S. Karanam [and all] // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://arxiv.org/pdf/ 1605.09653v3.pdf
11. PolReID [Электронный ресурс] : База данных. – Режим доступа : https://github.com/SvetlanaIgn/PolReID
12. Ihnatsyeva S. Joint Dataset for CNN-based Person Re-identification / S. Ihnatsyeva, R. Bohush, S. Ablameyko // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2021): Proceedings of the 15th International Conference. – 21–24 Sept. 2021, Minsk, Belarus. – P.33-37
13. Bochkovskiy A. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection./ A. Bochkovskiy, Ch.-Y. Wang, H.-Y. M. Liao// ArXiv, abs/2004.10934. – 2020.
14. Person_reID_baseline_PyTorch. [Электронный ресурс] : PyTorch ReID. – Режим доступа : https://github.com/layumi/Person_reID_baseline_pytorch

Методика изменения структур информационной системы в условиях воздействия сетевой разведки

М. А. Каплин, email: MacKaplin@yandex.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной статье рассматривается актуальность защиты информационных систем от компьютерных атак, носящих разведывательный характер, представлена постановка задачи на оптимизацию показателей эффективности изменения структур информационной системы в условиях воздействия сетевой разведки и его методика.*

Ключевые слова: *Информационная система, сетевая разведка, ложные компоненты.*

Введение

Повсеместная информатизация в различных сферах деятельности ведомств и организаций, обусловленная повышением эффективности в достижении поставленных целей, существенно повышает роль применяемых информационных технологий. Объединение различных информационных ресурсов на инфраструктуре сетей связи общего пользования (ССОП) существенно оптимизирует процессы информационного взаимодействия между их участниками, но, в свою очередь, увеличивает количество деструктивных воздействий на все составляющие информационных систем [1].

Так как взаимодействие между сегментами информационных систем (ИС) осуществляется через ССОП, передача информационных потоков между ними повышает возможности сетевой разведки (СР) по вскрытию состава, структуры и алгоритмов функционирования ИС [2, 3]. В ведомственных ИС обеспечение безопасности осуществляется в соответствии с требованиями регуляторов. При этом, применение традиционных средств защиты, основанных на реализации запрещающих регламентов, вынуждают злоумышленника находить новые способы преодоления системы защиты [4]. Создание (эмуляция) ложных компонентов ИС, предоставляемых в качестве целей для злоумышленника при осуществлении им компьютерных атак, позволяет проводить регистрацию и анализ действий злоумышленника в целях

© Каплин М. А., 2022

последующего противодействия компьютерным атакам. Однако статичность сетевых параметров ложных компонентов (ЛК) ИС со временем может привести к их компрометации.

Разработанные технологии динамического управления сетевыми параметрами абонентов клиент-серверных вычислительных сетей (КС ВС) [5-10] позволяют управлять изменениями конфигурации ИС. Однако, нерелевантная периодичность смены сетевых параметров абонентам КС ВС может привести к их вскрытию злоумышленником в случае не обнаружения фактов воздействия СР средствами системы обнаружения атак (СОА), либо к отказу в обслуживании абонентов ИС, вызванной слишком частой сменой сетевых параметров.

1. Постановка задачи

ИС представляет собой совокупность данных, технического и программного обеспечения, персонала, а также коммуникационного оборудования, соединенного физическими линиями связи. Взаимодействие между субъектами ИС осуществляется на основе клиент-серверной архитектуры построения вычислительных сетей. В процессе конфигурирования сетевых параметров ИС DHCP-сервер формирует и направляет каждому сетевому устройству сообщения с новыми сетевыми параметрами. При этом, новые сетевые параметры задаются эмулированным ЛК ИС. Процесс смены СФХ клиентам ИС обеспечивается протоколом DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). По истечении времени аренды сетевых параметров или с поступлением заявок от СОА о фактах воздействия средств СР, производится реконфигурация сетевых параметров ИС.

Суть процесса изменения структур ИС в условиях воздействия СР сводится к оценке достаточности применяемых мер сетевой защиты от воздействий СР на этапе исследования ею состава и структуры ИС, в процессе многошаговой смены сетевых параметров абонентам ИС и эмулируемым ЛК на каждом этапе смены СФХ, как представлено на рис. 1. В зависимости от наличия или отсутствия фактов идентификации средствами СОА попыток исследования логической структуры ИС средствами СР, определяется время аренды сетевых параметров участникам информационного обмена и эмулируемым ЛК, рассчитанное на этапе масштабирования КС ВС, на основе которой реализована ИС.

Время аренды сетевых параметров рассчитывается таким образом, чтобы не позволить СР идентифицировать топологию и типологию реальной структуры ИС, тем самым нивелируя полученные в ходе сканирования СР результаты. Применение технологий сетевого маскирования, в том числе и к ЛК введет дополнительную обфускацию относительно структуры ИС.

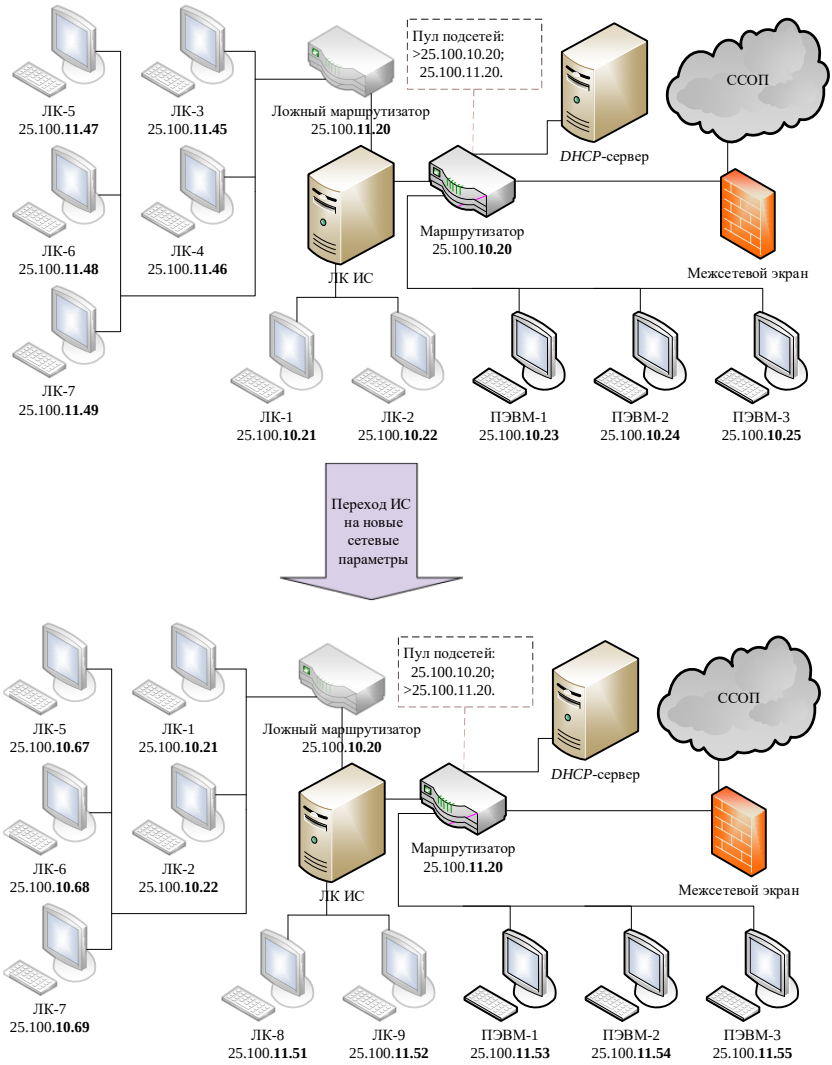


Рис. 1. Схема процесса изменения структур ИС

Показателем эффективности изменения структур ИС в условиях воздействия СР является максимизация вероятности бескомпроматного функционирования ИС в условиях воздействия СР $P_D^C(t) \to \min$.

2. Методика изменения структур информационной системы в условиях воздействия сетевой разведки

Назначением разработанной методики является релевантное изменение как истинной структуры сетевых устройств, так и структуры ЛК ИС, обеспечивающая повышение результативности защиты за счет изменения значений IP-адресов клиентов в зависимости от условий функционирования КС ВС и действий СР, в рамках задаваемого пула IP-адресов сети.

Теоретической основой методики являются теории систем управления, вероятности, массового обслуживания, исследования операций.

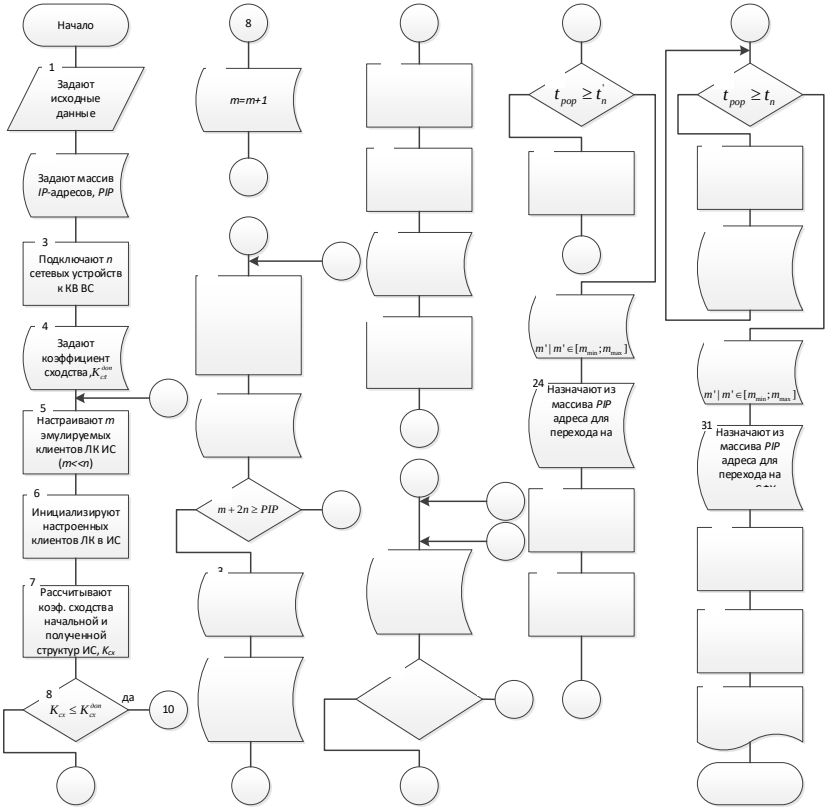


Рис. 2. Блок-схема последовательности действий, реализующих методику изменения структур ИС в условиях воздействия СР

Блок-схема методики изменения структур ИС в условиях воздействия СР, представленная на рис. 2, включает следующие этапы:

2. Задают основные исходные данные, обозначение и описание которых приведены в табл.

Таблица

Обозначение и описание основных исходных данных

Переменная	Описание
K_{cx}^{don}	Коэффициент минимально допустимого сходства двух структур ИС (первоначальной и после смены сетевых параметров), задаваемый декларативно
PIP	Пул (множество) IP-адресов, определяемый для последующего их распределения (перераспределения) клиентам ИС DHCP-сервером
NIP	Множество IP-адресов, распределяемых клиентам ИС в процессе смены сетевых параметров
OIP	Сменяемые IP-адреса, оставляемые в КС ВС в качестве ЛК
K_{cx}	Коэффициент сходства двух структур ИС
t_n	Время нахождения ИС в бескомпроматном состоянии
t'_n	Время нахождения ИС в бескомпроматном состоянии при сканировании сети с отсрочкой тайминга
t_{conf}	Время, за которое ИС переходит на новые СФХ
t_{scan}	Время сканирования СР полученной в процессе перевода на новые СФХ ИС, определяемое в процессе диагностики сети
t'_{scan}	Время сканирования СР полученной в процессе перевода на новые СФХ ИС с отсрочкой тайминга, определяемое в процессе диагностики сети
t_{pop}	Время функционирования ИС с действующими сетевыми параметрами

3. Задают массив IP-адресов, предназначенных для распределения (перераспределения) сетевым устройствам и ЛК ИС DHCP-сервером.

4. Подключают n сетевых устройств к КС ВС.

5. Задают коэффициент сходства K_{cx}^{don}.

6. Настраивают m эмулируемых клиентов ЛК ИС, причем $m << n$.

7. Инициализируют настроенных клиентов ЛК в ИС.

8. Рассчитывают коэффициент сходства начальной и полученной структур ИС (первоначальной и после смены сетевых параметров) K_{cx}.

9. Сравнивают коэффициент сходства двух структур ИС (первоначальной и после смены сетевых параметров) $K_{сх}$ с минимально допустимым коэффициентом сходства $K_{сх}^{доп}$.

10. Если коэффициент сходства двух структур ИС (первоначальной и после смены сетевых параметров) $K_{сх}$ превышает минимально допустимый коэффициент сходства $K_{сх}^{доп}$, увеличивают количество эмулируемых клиентов ЛК ИС на 1 и повторяют процедуру эмуляции минимально допустимого количества ЛК и их инициализации в ИС (блоки 5-8).

11. В противном случае запускают диагностику ИС на определение времени сканирования сетевых параметров.

12. Считывают время сканирования t_{scan} и время сканирования с отсрочкой тайминга t'_{scan}.

13. Сравнивают сумму эмулированных ЛК и удвоенное количество подключенных сетевых устройств с пулом (множеством) IP-адресов, определенных для последующего их перераспределения клиентам ИС DHCP-сервером PIP.

14. Если сумма эмулированных ЛК и удвоенное количество подключенных сетевых устройств меньше количества IP-адресов, определенных для последующего их перераспределения клиентам ИС DHCP-сервером PIP, увеличивают количество эмулируемых клиентов ЛК ИС на 1.

15. Назначают из пула IP-адресов, определенных для последующего их перераспределения клиентам ИС DHCP-сервером PIP сетевые адреса для перехода на новые СФХ $nNIP$.

16. Инициализируют сетевые устройства с назначенными $nNIP$.

17. Инициализируют ЛК ИС с неинициализированными $mOIP$, высвобожденные после назначения новых сетевых адресов сетевым устройствам.

18. Считывают время перехода на новые СФХ t_{conf}.

19. Рассчитывают время нахождения ИС в бескомпроматном состоянии t_n и t'_n, и повторяют процедуру поэтапного наращивания структуры ИС путем подключения ЛК ИС и расчета времени сканирования для каждого этапа наращивания (блоки 10-18).

20. В противном случае считывают время работы ИС с заданными сетевыми параметрами t_{pop} (от англ. – *processing on the parameters*).

21. Считывают информацию о фактах обнаружения СР средствами СОА.

22. В случае отсутствия обнаружения СР средствами СОА сравнивают время t_{pop} со временем нахождения в бескомпроматном состоянии при сканировании сети с отсрочкой тайминга t'_n.

23. В случае, если $t_{pop} < t'_n$, проводят оценку вероятности вскрытия структуры ИС средствами СР, применяя модель верификации результативности маскирования структуры информационных систем [11], после чего повторяют процедуры проверки времени работы ИС с заданными параметрами и проверки наличия фактов обнаружения СР средствами СОА (блоки 19-22).

24. В случае превышения времени работы ИС с заданными сетевыми параметрами t_{pop} времени нахождения в бескомпроматном состоянии при сканировании сети с отсрочкой тайминга t'_n, задают количество ЛК ИС m' в интервале от минимального до максимального количества ЛК ИС, назначавшихся при проведении процедуры поэтапного наращивания структуры ИС путем подключения ЛК ИС и расчета времени сканирования для каждого этапа наращивания $m' \in [m_{\min}; m_{\max}]$.

25. Назначают из массива PIP адреса для перехода на новые СФХ $nNIP$.

26. Инициализируют сетевые устройства с назначенными $nNIP$.

27. Инициализируют ЛК ИС с неинициализированными $m'OIP$, после чего повторяют процедуру периодической смены СФХ абонентам и ЛК ИС с учетом полученных результатов сканирования и рандомизацией количества подключаемых ЛК ИС (блоки 19-26).

28. В случае наличия фактов обнаружения СР средствами СОА сравнивают время t_{pop} со временем нахождения в бескомпроматном состоянии t_n.

29. В случае, если $t_{pop} < t_n$, проводят оценку вероятности вскрытия структуры ИС средствами СР.

30. Считывают время работы ИС с заданными параметрами t_{pop}, после чего повторяют процедуру сравнения t_{pop} с t_n и оценки вероятности вскрытия структуры ИС средствами СР (блоки 27-29).

31. В противном случае задают количество ЛК ИС m' в интервале от минимального до максимального количества ЛК ИС, назначавшихся при проведении процедуры поэтапного наращивания структуры ИС путем подключения ЛК ИС и расчета времени сканирования для каждого этапа наращивания $m' \in [m_{\min}; m_{\max}]$.

32. Назначают из массива PIP адреса для перехода на новые СФХ $nNIP$.

33. Инициализируют сетевые устройства с назначенными $nNIP$.

34. Инициализируют ЛК ИС с неинициализированными $m'OIP$.

35. Формируют отчет.

Заключение

Разработанная методика позволяет повысить результативность защиты структуры ИС за счет изменения логической структуры сетевых устройств и эмулируемых ЛК через интервалы времени, изменяемые адаптивно в зависимости от условий функционирования и действий средств СР. Превентивная смена сетевых параметров ЛК и сетевых устройств через рассчитываемые временные интервалы девальвирует результаты, добытые средствами СР.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11-12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 147-154.

2. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

3. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 1(72). – С. 181-187.

4. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург,

11-12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 138-147.

5. Патент № 2219577 C1 Российская Федерация, МПК G06F 17/40. Устройство поиска информации : № 2002111059/09 : заявл. 24.04.2002 : опубл. 20.12.2003 / Е. С. Ксенз, В. А. Липатников, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Военный университет связи.

6. Патент № 2331158 C1 Российская Федерация, МПК H04L 12/28. Способ выбора безопасного маршрута в сети связи (варианты) : № 2007103774/09 : заявл. 31.01.2007 : опубл. 10.08.2008 / Д. А. Кожевников, Р. В. Максимов, А. В. Павловский, Д. Ю. Юрьев ; заявитель Военная академия связи.

7. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 151-155.

8. Патент № 2408928 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/20, H04L 12/28. Способ сравнительной оценки структур информационно-вычислительной сети : № 2009129726/08 : заявл. 03.08.2009 : опубл. 10.01.2011 / П. А. Берест, К. Г. Богачев, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная академия связи имени С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации.

9. Патент № 2306599 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/00. Способ (варианты) и устройство (варианты) защиты канала связи вычислительной сети : № 2006114272/09 : заявл. 26.04.2006 : опубл. 20.09.2007 / А. А. Андриенко, Д. А. Кожевников, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Военная академия связи.

10. Патент № 2355024 C2 Российская Федерация, МПК G06F 15/00, G06F 17/00. Способ мониторинга безопасности автоматизированных систем : № 2007105319/09 : заявл. 12.02.2007 : опубл. 10.05.2009 / А. С. Евстигнеев, К. М. Зорин, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Военная академия связи имени С. М. Буденного.

11. Каплин, М. А. Модель верификации результативности маскирования структуры информационных систем / М. А. Каплин – Текст : непосредственный // Информатика: проблемы, методы, технология : сборник статей XXI международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 737-746.

Поиск новых технических решений по маскированию структуры информационных систем на основе реконфигурирования их сетевых параметров

М. А. Каплин, email: MacKaplin@yandex.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной статье рассматривается актуальность защиты информационных систем от компьютерных атак, носящих разведывательный характер, проведен анализ известных технических решений, направленных на сокрытие структуры и алгоритмов функционирования информационных систем за счет реконфигурирования сетевых параметров ее узлов и эмуляции ложных компонентов. Предложены варианты технических решений, позволяющих устранить выявленные у аналогов недостатки и повысить результативность защиты.*

Ключевые слова: *Информационная система, угрозы безопасности информации, реконфигурация сетевых параметров, ложные компоненты.*

Введение

Концепция развития процессов информационного взаимодействия между объектами и субъектами доступа предусматривает повсеместное использование высокоскоростных технологий передачи данных, повышения оперативности обмена информации между их участниками, что обусловливает необходимость объединения их в единую плоскость взаимодействия [1]. Пространством для взаимодействия различных участников информационного обмена, в том числе и нелегитимных, является сеть связи общего пользования (ССОП), чему послужило историческое развитие структур построения ССОП [2]. Однако, в этом пространстве, открытом для массового потребителя, в данном контексте – нарушителя (в том числе с высоким потенциалом, представляющего интересы иностранных государств), возникает ряд угроз информационной безопасности:

– обнаружения открытых портов и идентификации привязанных к ним сетевых служб;

– определения типов объектов защиты;

© Каплин М. А., 2022

– определения топологии вычислительной сети;
– получения предварительной информации об объекте защиты.

Противодействие угрозам безопасности информации в ведомственных информационных системах (ИС) построено на реализации мер и рекомендаций регуляторов (например, Приказы ФСТЭК России №№ 21, 27, 135, 239 и др.) [3]. Однако, применяемые на данный момент технические решения не в полной мере позволяют реализовать меры безопасности, направленные на обеспечение:

– планирования и принятия мер по предотвращению повторного возникновения инцидентов;
– навязывания нарушителю ложного представления об истинных информационных технологиях и/или структурно-функциональных характеристиках ИС;
– защиты информации в случае возникновения отказов (сбоев) в системе защиты информации ИС;
– сокрытия архитектуры и конфигурации ИС;
– управления изменениями конфигурации ИС.

В данной работе рассматриваются теоретические методы и практические реализации противодействия вышеуказанным угрозам безопасности информации локальным сегментам ИС, реализованных на основе построения ССОП.

1. Функционирование локальных сегментов информационных систем

Под локальным сегментом ИС понимается структурно обособленная ИС, объединенная с локальными сегментами каналами связи различной протяженности с использованием коммуникационных технологий (оборудования) через ССОП, с целью предоставления пользователям ИС информационных ресурсов (программ и сервисов). Доступ к информационным ресурсам ИС, в том числе удаленный, реализован с применением протоколов сетевого взаимодействия.

Использование коммуникационного оборудования (коммутаторы, маршрутизаторы) и неконтролируемых системой защиты инфраструктурных элементов, предоставляет возможности для сетевой разведки (СР) по изучению и реконструкции топологии и сетевых параметров атакуемой ИС, что является неотъемлемым этапом в подготовке к реализации компьютерных атак [4].

Таким образом, целью принятия превентивных мер защиты ИС для усложнения проведения компьютерных атак являются сокрытие данных о структуре ИС, используемых устройствах, программного обеспечения и его версиях, возможных уязвимостях и применяемых средствах защиты.

2. Реконфигурирование сетевых параметров информационных систем

Суть защиты ИС путем динамического изменения сетевых параметров узлов ИС заключается в периодическом или случайном изменении сетевых настроек абонентов системы (используемого адресного пространства и номеров портов абонентов) [5]. Техническая реализация данного подхода заключается в применении DHCP-сервера с расширенными настройками, под управлением которого производится реконфигурирование сетевых параметров узлам ИС, а синхронизация участников информационного обмена обеспечивается внесением изменений в настройки DNS-сервера.

Для снижения вероятности компрометации сетевых параметров ИС и исключения возможности идентификации средствами СР алгоритмов реконфигурации сетевых параметров узлов ИС, разработаны способы проактивной защиты вычислительных сетей на основе динамического управления адресным пространством [6].

Однако, нерелевантная периодичность смены сетевых параметров узлов ИС может привести к отказу в обслуживании легитимных абонентов ИС при избыточной смене, или к преодолению системы защиты средствами СР при недостаточной периодичности превентивной смены сетевых параметров. К тому же, сетевые адреса, высвобождаемые после реконфигурации сетевых параметров узлам ИС, создают предпосылки к компрометации элементов средств защиты.

3. Применение ложных компонентов информационных систем

Применение ложных компонентов ИС направлено на введение в заблуждение нарушителя относительно топологии и применяемых информационных технологиях ИС путем эмуляции и конфигурирования виртуальной сети. Также, использование ложных компонентов ИС позволяет создавать сетевые «приманки», эмулирующие ложные уязвимости, что позволяет своевременно регистрировать и анализировать факты воздействия средств СР в целях противодействия компьютерным атакам.

Применение данной технологии приводит значительному увеличению ресурсов, затрачиваемых злоумышленником на изучение объекта компьютерной атаки при относительно незначительном увеличении ресурсов обороняющейся стороны [7, 8].

К недостаткам применения ложных компонентов ИС следует отнести статичность сетевых параметров эмулируемых ложных узлов, что со временем может привести к их компрометации [9].

Заключение

Проведенный анализ рассмотренных технологий противодействия СР позволяет оценить специфику их функционирования сформулировать основные направления и пути решения по их совершенствованию.

Выявленные недостатки рассмотренных теоретических методов и практических реализаций противодействия угрозам безопасности информации позволяют сделать вывод о целесообразности совместного использования реконфигурирования сетевых параметров и ложных компонентов ИС.

Применение методов реконфигурирования сетевых параметров к эмулируемым ложным компонентам позволит уменьшить вероятность их компрометации. При этом, переназначение высвобождаемые после реконфигурации ИС сетевые параметры целесообразно перераспределять между ложными компонентами, что исключит нахождение в информационном пространстве, предоставляемом СР, явно незадействованных в информационном обмене узлов ИС. Моделирование процесса функционирования локального сегмента ИС с эмуляцией ложных компонентов и реконфигурированием сетевых параметров ее компонентов в условиях воздействия СР позволит определить релевантные временные интервалы смены сетевых параметров.

Предложенные варианты технических решений позволят устранить выявленные недостатки рассмотренных технологий противодействия СР и повысить результативность защиты ИС.

Список литературы

1. Максимов, Р.В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11-12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 147-154.

2. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

3. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского», Краснодар, 20-21 декабря 2017 года / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А. К. Серова. – Краснодар : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2018. – С. 47-52.

4. Соколовский, С. П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю. А. Гагарина в космос : Сборник научных статей, Краснодар, 12-13 апреля 2018 года / КВВАУЛ им. А. К. Серова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2018. – С. 299-304.

5. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2018. – № 3. – С. 239-248.

6. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 11-15 ноября 2019 года / Под общей редакцией Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2019. – С. 447-448.

7. Патент № 2649789 C1 Российская Федерация, МПК H04L 12/801, H04L 29/06, H04L 9/32. Способ защиты вычислительных сетей : № 2017125677 : заявл. 17.07.2017 : опубл. 04.04.2018 / Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов, И. С. Проскуряков, С. П. Соколовский ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С. М. Штеменко» Министерства обороны Российской Федерации.

8. Патент № 2696330 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/50, G06F 21/60, H04L 9/00. Способ защиты вычислительных сетей : № 2018128075 : заявл. 31.07.2018 : опубл. 01.08.2019 / В. В. Барабанов, С. П. Соколовский, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С. М. Штеменко» Министерство обороны Российской Федерации.

9. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.] // Технические и технологические системы : Материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17», Краснодар, 22-24 ноября 2017 года / Кубанский государственный технологический университет, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А. К. Серова; под общей редакцией Б. Х. Гайтова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2017. – С. 117-121.

Циркулярная укладка атрибутированного иерархического графа с портами

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
А. М. Меркулов, email: arseniy.merkulov@gmail.com
Т. А. Золотухин, email: tzolotuhin@gmail.com

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Аннотация. *Визуализация информации на основе графовых моделей является ключевым компонентом инструментов поддержки многих приложений в науке и технике. Система Visual Graph предназначена для визуализации больших объемов сложной информации на основе атрибутированных иерархических графовых моделей. В данном докладе представлен алгоритм циркулярной укладки атрибутированных иерархических графов с портами и его эффективная реализация в системе Visual Graph.*

Ключевые слова: *атрибутированные иерархические графы с портами, визуализация информации, система Visual Graph, циркулярная укладка.*

Введение

Графы широко используются для описания и структурирования информации в предметных областях, где необходимо моделировать связи между объектами. Методы визуализации графов, которые встраивают графы на двух- или трехмерную поверхность, где вершины представлены точками, прямоугольниками или эллипсами, а дуги представлены кривыми, соединяющими их визуализацию, имеют множество областей применения [1, 2, 6, 7, 9].

Для визуального анализа данных и связей между ними используются различные их графовые изображения, которые могут сильно различаться в зависимости от области применения и с учетом множества так называемых эстетических критериев. Например, размер изображения или его симметричность часто важны при визуализации графов во многих приложениях. Обычно важно также иметь как можно меньшее количество пересечений дуг графа. Однако задача построения изображения, удовлетворяющего всем желаемым критериям, как правило, весьма трудоёмка и даже неосуществима, поскольку обычно критерии приложений по своей сути конфликтуют, и поэтому обычно используются некоторые компромиссы [1, 2, 6, 7].

© Касьянов В. Н., Меркулов А. М., Золотухи Т. А., 2022

В некоторых прикладных областях организация информации слишком сложна для моделирования классическими графами, поэтому в последние годы были введены более мощные формализмы графов и новые методы иерархической визуализации [1, 2, 8, 12]. Одним из таких более общих и удобных для визуализации сложной информации формализмов является формализм так называемых иерархических графов и графовых моделей [1, 2]. Он формирует основу для естественных методов «абстракции» и «редукции», которые могут применяться для уменьшения визуальной сложности большого графа при его рассмотрении. Он позволяет делить граф на такие его части (так называемые фрагменты), которые состоят из множеств элементов графа, связанных с той или иной точки зрения между собой, и образуют иерархию по вложенности одной в другую. Эта иерархия обеспечивает хорошее средство наглядной визуализации информации для тех приложений, которые характеризуются большими объемами сложных данных. Созданная в Институте систем информатики СО РАН система Visual Graph позволяет исследовать сложные большие данные через их визуальные представления на основе атрибутированных иерархических графов и графовых моделей [3].

Во многих приложениях объекты, моделируемые вершинами графа, содержат непересекающиеся логические местоположения (так называемые порты [5]), через которые они (объекты) находятся во взаимосвязи, моделируемой дугами. Например, в графе программы, моделирующем поток данных в программе, операторы программы представляются вершинами графа, операнды операторов (их аргументы и результаты) моделируются портами вершин, а поток данных между результатами и аргументами операторов представлен дугами, соединяющим соответствующие порты.

Наглядность полученного изображения графа сильно зависит от того, как его элементы (вершины и дуги) расположены на плоскости. Циркулярное изображение графа – это такая укладка графа на плоскости, при которой все вершины графа помещаются на окружность некоторого круга, а каждая дуга рисуется внутри этого круга обычно в виде прямой линии [11]. Однако проблема построения циркулярного изображения с минимальным количеством пересечением дуг является NP-полной [10]. Циркулярная укладка находит свое применение в тех приложениях, где объекты, моделируемые вершинами графа, имеют равный приоритет, и ни один из них не занимает привилегированное положение. Циркулярные изображения графов используются для визуализации топологий кольцевых и звездных сетей, биологических и социальных сетей, а также небольших кластеров в больших графах. Поскольку эти приложения

работают с большими данными, проблема разработки алгоритма циркулярной укладки для иерархических графов общего вида очень актуальна, но в настоящее время только для кластерных графов, представляющих собой простые иерархические графы без портов, известен алгоритм циркулярной укладки [4].

1. Иерархические графы с портами и их изображения

Пусть G – граф некоторого типа, например, G может быть неориентированным или ориентированным графом. Граф G определяется двумя конечными множествами V и E, где элементы V – вершины графа G, а элементы E – дуги графа G. G – тривиальный граф, если $|V|=1$ и $|E|=0$.

Граф C называется фрагментом графа G и обозначается $C \subseteq G$, если C включает только элементы (вершины и дуги) графа G.

Множество фрагментов F называется иерархией вложенных фрагментов графа G, если выполнены следующие два свойства:

(1) F содержит граф G и все вершины V,

(2) $C_1 \subseteq C_2$, $C_2 \subseteq C_1$ или пусто $C_1 \cap C_2$ для любых $C_1, C_2 \in F$.

Иерархический граф $H=(G,T)$ состоит из графа G и корневого дерева T, которое представляет отношение непосредственной вложенности элементов некоторой иерархии F вложенных фрагментов G. G называется базовым графом H. T называется деревом вложенности H.

Иерархический граф называется связным, если каждый его фрагмент является связным графом, и простым, если все его фрагменты являются порожденными подграфами базового графа. Следует отметить, что любой кластерный граф [8] можно рассматривать как такой простой иерархический граф $H=(G,T)$, что G является неориентированным графом, а любой фрагмент $C \in F$ рассматривается как множество вершин графа C.

Пусть P – конечное множество портов. Порт $p \in P$ – это специальная вершина иерархического графа, не входящая в множество V. Она принадлежит некоторому фрагменту $C \in F$ и служит для представления точки инцидентности фрагмента – вершины, через которую некоторая дуга входит в соответствующий фрагмент C или выходит из него. Предполагается, что каждая дуга иерархического графа с портами является дугой между двумя его портами.

Пусть $P(C)$ – упорядоченное множество всех портов фрагмента C, а $P_i(C)$ – порт C с номером i. Дуга $u = (P_i(w), P_j(z))$ разрезает фрагмент C (u – разрезающая дуга), если C содержит один фрагмент из множества $\{w, z\}$ и не содержит другой.

Иерархический граф H с портами является структурным, если у него нет разрезающих дуг.

Пусть дуга $u = (P_i(w), P_j(z))$ разрезает фрагмент C. Преобразование удаления из H разрезающей дуги $u = (P_i(w), P_j(z))$ определяется как ее замена в графе H на две дуги $(P_i(w), P_t(C))$ и $(P_t(C), P_j(z))$, где $P_t(C)$ – новый (фиктивный) порт, добавленный фрагменту C. H_1 является структурным расширением иерархического графа H, если H_1 является структурным иерархическим графом, который может быть получен из графа H путем итеративного применения преобразования по удалению в нем разрезающих дуг.

Изображение (или укладка) D иерархического графа H на плоскости является таким представлением элементов H на плоскости, что выполняются следующие свойства.

1. Каждый порт, вершина и фрагмент графа G представлен простой замкнутой областью (в нашем случае – кругом). Область определяется ее границей (простой замкнутой кривой на плоскости), которая делит все оставшуюся плоскость на две части: внутреннюю грань и внешнюю грань.

2. Для любых $C_1, C_2 \in F$ пересечение их областей пусто тогда и только тогда, когда пусто $C_1 \cap C_2$, а область каждого фрагмента включает в себя области всех вложенных в него фрагментов.

3. Любые два порта каждого фрагмента $C \in F$ представлены двумя непересекающимися областями. Область каждого порта C разделена на три непустых множества точек: все точки внутренней грани области C, все точки ее границы и все точки ее внешней грани.

4. Каждая дуга графа H представлена простой кривой между изображениями ее конечных вершин (портов).

5. Все дуги любого фрагмента C графа H расположены внутри области C.

Изображение D иерархического графа H является циркулярной укладкой, если для любого фрагмента C из F все его сыновья в T (все фрагменты из F, непосредственно вложенные в C) помещаются на окружности некоторого круга.

2. Алгоритм циркулярной укладки

Ниже предполагается, что на вход алгоритма подается некоторый иерархический граф $H = (G, T)$ с портами, а выходом алгоритма является циркулярная укладка D структурного расширения графа H.

Работа алгоритма осуществляется в процессе обходов дерева вложенности T в глубину. Само построение изображения одного фрагмента состоит из трех этапов: вычисление размеров вершин, упорядочивание вершин относительно друг друга, укладка дуг. Для построения циркулярного изображения алгоритм осуществляет три прохода по всем уровням иерархии. Это обусловлено тем, что вычисление размеров и укладку дуг нужно производить в разном порядке: вычисление размеров областей фрагментов нужно начинать с листьев дерева вложенности фрагментов, а укладку дуг с его корня.

Рассмотрим этап вычисления размеров вершин. Для всех тривиальных фрагментов (или листьев дерева T) их размер задан на входе в алгоритм. Размер других фрагментов подсчитывается на основе размеров вершин и фрагментов, лежащих внутри. Из этого следует, что первый этап нужно производить от низкого уровня иерархии вверх по уровням. На данном этапе выполняется следующие шаги:

1. Вычисляется радиус окружности, на которой будут расположены вершины. Это можно сделать, так как размеры укладываемых вершин уже известны. Для этого шага потребуется вычислить минимальный радиус окружности, которая бы смогла покрыть собой любую из заданных вершин.

2. Все вершины равномерно распределяются по окружности вычисленного радиуса.

3. Если заданные вершины являются внутренними для некоего фрагмента, то подсчитывается размер данного фрагмента. После чего равномерно по окружности фрагмента размещаются реальные порты, если они есть.

Если рассматривать фиктивные порты, то в них снаружи обязательно приходит дуга, поскольку это является условием существования фиктивного порта. В случае реальных портов это не так, они могут соединяться только с внутренними вершинами фрагмента. Соответственно, требуется задать позиции для портов, для которых внешних дуг нет. Но определение внешних связей – довольно дорогостоящая операция. Поэтому позиции задаются всем портам, а на этапе укладки дуг некоторые из них меняются местами.

Задачей второго этапа является нахождение порядка вершин на окружности с целью минимизации количества пересечений дуг.

Следует отметить, что количество пересечений дуг в циркулярном представлении графа не зависит от конкретных координат вершин, а зависит только от порядка их относительного расположения на окружности. Таким образом, данная задача является комбинаторной, а не геометрической. Однако эта задача является NP-полной [10]. Поэтому мы используем две эвристики, которые улучшают порядок расположения фрагментов за полиномиальное время, но не гарантируют наилучший результат для любого графа. Обозначим их как эвристики перестановки и группировки, исходя из особенностей каждой из них.

Эвристика группировки основана на предположении, что количество пересечений между дугами будет уменьшаться, если наиболее связанные дугами фрагменты будут размещены рядом. Такое расположение фрагментов приводит к уменьшению количества дуг, лежащих близко к центру окружности. Как правило, такие дуги вызывают большое количество пересечений, так как их длина близка к максимально возможной при данном расположении. Эвристика группировки состоит из следующих шести шагов.

1. Пусть S – множество всех рассматриваемых фрагментов.

2. Пусть C – наиболее связный с другими фрагмент из S.

3. Выбирается группа всех тех фрагментов, которые соединены дугами с C.

4. Все фрагменты данной группы удаляются из S.

5. Фрагменты удаленной группы сортируются по количеству дуг между ними и размещаются так, чтобы наименее соединенные фрагменты располагались «снаружи».

6. Если множество S не пусто, алгоритм продолжается с шага 2.

Следует отметить, что использование такой эвристики приводит к увеличению количества дуг, лежащих на границе окружности укладки.

Теперь рассмотрим эвристику перестановок. Алгоритм данной эвристики использует циклическую перестановку соседних вершин для уменьшения пересечений в виде следующей последовательности шагов:

1. Пусть S – последовательность всех рассматриваемых фрагментов.

2. Алгоритм шаг за шагом рассматривает все смежные пары фрагментов из S, начиная с пары, состоящей из первого и второго фрагментов, и выполняет шаг 3 для каждой из них. Последней рассматривается пара, состоящая из последнего и первого фрагмента S.

3. Рассматриваются инцидентные дуги для текущей пары фрагментов. Подсчитывается количество их пересечений с другими дугами. Если перестановка фрагментов в рассматриваемой паре приводит к уменьшению числа пересечений, то фрагменты меняются местами.

4. Если поменялись местами фрагменты какой-то пары, то алгоритм продолжается с шага 2.

Данный алгоритм неэффективен по времени, но во многих случаях редуцирует пересечения настолько, насколько это возможно. Он подходит для применения к малым графам, где недостаток скорости не так заметен.

Рассмотрим третий этап алгоритма, связанный с укладкой дуг. Дуги задаются как ломанные, проходящие через опорные точки. На данном этапе для каждой дуги вычисляется набор этих точек. Для каждой дуги гарантированно существуют две точки – начало и конец. Их можно вычислить, исходя из взаимного положения инцидентных вершин и угла между дугой и осью абсцисс. Если дуга связана с портом, находящимся на более низком уровне, то также определяется его позиция. Процесс укладки идет от высокого уровня иерархии к низкому, так как чтобы уложить дуги, нужно знать координаты портов, которые определяются исходя из дуг более высокого уровня. На данном этапе должны быть выполнены следующие шаги:

1. На входе имеется пустой список, в который будут добавляться опорные точки.

2. Вычисляется точка «начало дуги» и добавляется в начало списка.

3. Если существует точка, в которой дуга приближается к не инцидентной вершине на заданный радиус, то в список начинают добавляться точки, проектирующие дугу на окружность радиуса с центром в данной вершине.

4. Проектирование заканчивается, если дуга вышла из окружности.

5. Вычисляется точка «конец дуги» и добавляется в конец списка.

6. Если у вершины, из которой исходит дуга, имеется соответствующий порт, то ему назначается позиция «начало дуги».

7. Аналогично, если у вершины, в которую приходит дуга, есть соответствующий порт, то ему назначается позиция «конец дуги».

При укладке дуг может возникнуть проблема пересечения дугой вершины, шаги 3 и 4. Для решения данной проблемы были выбраны округлые вставки в дуги. Дуги задаются набором опорных точек, через которые они должны проходить. Если дуга приближается к не инцидентной вершине на заданное расстояние, то в этом месте начинают добавляться опорные точки, проектирующие дугу на окружность с центром в данной вершине и радиусом. Эти точки добавляются до тех пор, пока дуга не выйдет из окружности. Данное решение не увеличивает площадь графа. Для графов с большим числом пересечений это не приводит к эстетическому улучшению изображения, так как общее расположение дуг хаотично и локальные улучшения не заметны. Кроме того, это требует дополнительных временных затрат. Таким образом, для

достаточно больших графов из алгоритма укладки дуг нужно убрать шаги 3 и 4.

3. Реализация алгоритма

Представленный алгоритм был реализован как расширение системы Visual Graph [3]. Для лучшего понимания необходимо сказать несколько слов об этой системе. Visual Graph – это универсальная система визуализации атрибутированных иерархических графов, которая распространяется по лицензии BSD и предназначена для визуализации на основе графовых моделей большого размера сложной структурированной информации в компиляторах и других системах конструирования программ. Номенклатура графовых моделей, используемых в системах конструирования программ, может отличаться от одной системы к другой. Более того, представления одних и тех же графовых моделей могут различаться между собой в разных системах и даже в разных версиях одной и той же системы. Однако все эти теоретико-графические модели являются частными случаями иерархических графов с атрибутами. Поэтому предполагается следующий сценарий использования системы Visual Graph. Система Visual Graph считывает представленную системой конструирования графовую модель из файла в одном из поддерживаемых ею форматов (GraphML, DOT или GML), а затем предоставляет пользователю инструменты навигации по графовой модели, а также алгоритмы для визуализации разных её частей.

В системе Visual Graph присутствует механизм для добавления расширений, с помощью которого был добавлен циркулярный укладчик, а также отображены настройки укладчика через визуальные компоненты.

Некоторые результаты по сравнению числа пересечений при применении к небольшим простым графам нашего эвристического алгоритма группировки с применением к ним алгоритма циркулярной укладки системы yEd [4] представлены в табл. 1. Как видно из полученных результатов, нет четкого превосходство одного алгоритма над другим, и для визуализации различных простых графов необходимо выбирать алгоритм исходя из их индивидуальных характеристик.

Таблица 1

Сравнение количества пересечений дуг

Граф	Эвристика группировки	yEd
8 вершин, 6 дуг	0	0
10 вершин, 10 дуг	5	3
14 вершин, 22 дуги	33	20
40 вершин, 39 дуг	1	13

Также были проведены замеры временных затрат алгоритма на нескольких больших графах. Их результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Измерение временных затрат

Граф	Расширение
1100 вершин, 900 дуг	2 с
3000 вершин, 2000 дуг	25 с
8044 вершины, 10648 дуг	1 мин 48 с

Заключение

В докладе описывается созданный алгоритм циркулярной укладки, который строит изображения на плоскости атрибутированных иерархических графов с портами за квадратичное время, а также его эффективная реализация в рамках системы Visual Graph. Алгоритм учитывает критерий минимизации пересечений дуг и использует закругленные дуговые вставки для решения задачи пересечения дуги с вершиной. Его способность рисовать графы с портами очень важна для многих приложений и является новой для алгоритмов циркулярной укладки графа на плоскости.

В будущем алгоритм может быть улучшен по следующим направлениям. Во-первых, мы планируем улучшить эвристику перестановки. Например, это можно сделать, добавив перестановки по соседним уровням или улучшив методы минимизации пересечений. Во-вторых, мы планируем учесть и сохранить исходный порядок портов фрагментов. Мы также планируем уменьшить площадь изображения графа за счет более экономного распределения фрагментов иерархических графов по окружностям, а также расширить алгоритм, добавив компонент, ориентированный на рисование ациклических фрагментов.

Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Визуализация графов и графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск: ООО «Сибирское Научное Издательство», 2010.

2. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

3. Касьянов, В. Н. Visual Graph – система для визуализации сложно структурированной информации большого объема на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин // Научная визуализация. – 2015. – Том 7, № 4. – С. 44–59.

4. Система yEd [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.yworks.com

5. Формат GraphML [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://graphml.graphdrawing.org

6. Di Battista, G. Graph Drawing: Algorithms for Visualization of Graphs / G. Di Battista, P. Eades [et al.]. – Prentice Hall, 1999.

7. Drawing graphs: methods and models / Ed. M. Kaufmann, D. Wagner // Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 2025. – 2001.

8. Feng, Q. W. Planarity for clustered graphs / Q. W. Feng, R .F. Cohen, P. Eades // Lecture Notes in Computer Science. – 1995. – Vol. 979. – pp. 213–226.

9. Herman, I. Graph visualization and navigation in information visualization: a survey / I. Herman, G. Melançon, M. S. Marshall // IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics. – 2000. – Vol. 6. – pp. 24–43

10. Masuda, S. On the NP-completeness of a computer network layout problem / S. Masuda, T. Kashiwabara [et al.] // Proc. IEEE 1987 International Symposium on Circuits and Systems. – Philadelphia: PA, 1987. – pp. 292–295.

11. Six, J. M. A framework for circular drawings of networks / J. M. Six, I. G. Tollis // Lecture Notes in Computer Science. – 1995. – Vol.1731. – pp. 107–116.

12. Sugiyama, K. Visualization of structured digraphs / K. Sugiyama, K. Misue // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1999. – Vol. 21, № 4. – pp. 876–892.

Разработка программы исследования вероятностных характеристик обнаружителей гармонического сигнала при различной степени априорной неопределенности с использованием библиотеки boost

Э. А. Кирсанов, email: ekir74@mail.ru
Д. А. Гранкин

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматривается программная реализация модуля, позволяющего строить плотности распределения решающих статистик в задаче обнаружения полностью известного гармонического сигнала или гармонического сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой при условии отсутствия и наличия сигнала, а также наглядно отображать вероятности пропуска сигнала, правильного обнаружения, правильного необнаружения и ложной тревоги при различных значениях отношения сигнал-шум, выполненная на языке программирования C++ с использованием библиотеки boost.*

Ключевые слова: *гармонический сигнал, обнаружение, решающая статистика.*

Введение

Одной из основных задач теории оптимальных методов радиоприема является задача обнаружения радиосигнала [1-3]. Эффективность ее решения во многом зависит от полноты имеющейся априорной информации о параметрах сигнала и шума. Поэтому представляет интерес разработка программы для исследования вероятностных характеристик обнаружения для простейшего случая гармонического сигнала при различной степени априорной неопределенности.

Целью настоящей работы является рассмотрение особенностей программной реализации модуля, позволяющего строить плотности распределения решающих статистик в задаче обнаружения полностью известного гармонического сигнала или гармонического сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой при условии отсутствия и наличия сигнала, на языке программирования C++ с использованием библиотеки boost.

© Кирсанов Э. А., Гранкин Д. А., 2022

1. Постановка и решение задачи

Сначала рассмотрим задачу обнаружения полностью известного гармонического сигнала. Пусть на вход радиоприемного устройства с полосой пропускания (ПП) шириной $\Delta f = f_{\max} - f_{\min}$, где $f_{\min}$ и $f_{\max}$ – минимальная и максимальная границы ПП, поступает входная реализация

$$x(t) = \eta s(t) + n(t),\ 0 \le t \le T, \qquad (1)$$

где η – случайная величина, принимающая лишь значение $\eta = 0$ (гипотеза H_0: сигнал отсутствует) или $\eta = 1$ (гипотеза H_1: сигнал присутствует): $s(t) = A\cos(2\pi f_0 t + \Phi)$ – гармонический сигнал с известными параметрами: несущей частотой $f_{\min} < f_0 < f_{\max}$, амплитудой A и начальной фазой Φ; $n(t)$ – белый гауссовский шум с двусторонней спектральной плотностью мощности $N_0/2$. При справедливости гипотезы H_0 отсчеты входной реализации $x[n] = x(n\Delta t)$, $n = \overline{0, N-1}$, взятые с интервалом дискретизации $\Delta t = \dfrac{1}{2\Delta f}$ будут представлять собой независимые гауссовские случайные величины с нулевым средним и дисперсией $\sigma^2 = \dfrac{N_0}{2\Delta t}$. Обозначим вектор отсчетов как $\mathbf{X} = (x[0], ..., x[N-1])^T$. При этом логарифм отношения правдоподобия имеет вид [1]

$$\ln \Lambda(\mathbf{X}) = \frac{1}{\sigma^2}\sum_{n=0}^{N-1} x[n] A\cos(2\pi f_0 n\Delta t + \Phi) - \frac{A^2}{2\sigma^2}\frac{N}{2}, \qquad (2)$$

где второе слагаемое не зависит от входной реализации.

Используя известное тригонометрическое выражением для косинуса суммы и осуществив нормировку логарифма отношения правдоподобия, получим решающую статистику в виде

$$T(\mathbf{X}) = \sqrt{\frac{2}{N}}\frac{1}{A\sigma}\left[a\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\cos(2\pi f_0 n\Delta t) + b\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\sin(2\pi f_0 n\Delta t)\right], \qquad (3)$$

где $a = A\cos(\Phi)$, $b = -A\sin(\Phi)$.

Очевидно, что указанная статистика имеет нормальное распределение. Ее математическое ожидание при справедливости гипотезы H_0 равно нулю $\langle T(\mathbf{X}) / H_0 \rangle = 0$, а при справедливости гипотезы

H_1 – отношению сигнал-шум по напряжению $\langle T(\mathbf{X}) / H_1 \rangle = d = \sqrt{\frac{N}{2}} \frac{A}{\sigma}$, дисперсия при справедливости гипотез H_0 и H_1 равна единице $\langle T^2(\mathbf{X}) / H_0 \rangle = \langle (T(\mathbf{X}) - \langle T(\mathbf{X}) / H_1 \rangle)^2 / H_1 \rangle = 1$.

При решении задачи обнаружения гармонического сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой логарифм отношения правдоподобия имеет вид [1]

$$\ln \Lambda(\mathbf{X} / \hat{A}, \hat{\Phi}) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \hat{A} \cos(2\pi f_0 n \Delta t + \hat{\Phi}) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} \hat{A}^2 \cos^2(2\pi \quad (4)$$

,

где $\hat{A}$ и $\hat{\Phi}$ – оценки максимального правдоподобия соответственно амплитуды и начальной фазы сигнала.

Найдем оценки $\hat{A}$ и $\hat{\Phi}$. Предварительно запишем

$$\hat{A} \cos(2\pi f_0 n \Delta t + \hat{\Phi}) = \hat{a} \cos(2\pi f_0 n \Delta t) + \hat{b} \sin(2\pi f_0 n \Delta t), \quad (5)$$

где $\hat{a} = \hat{A} \cos(\hat{\Phi})$, $\hat{b} = -\hat{A} \sin(\hat{\Phi})$. При найденных оценках $\hat{a}$ и $\hat{b}$ оценки $\hat{A}$ и $\hat{\Phi}$ примут вид:

$$\hat{A} = \sqrt{\hat{a}^2 + \hat{b}^2}, \ \hat{\Phi} = arctg(-\hat{b} / \hat{a}). \quad (6)$$

Оценки максимального правдоподобия $\hat{a}$ и $\hat{b}$ имеют вид [1]

$$\hat{a} = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cos(2\pi f_0 n \Delta t), \ \hat{b} = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \sin(2\pi f_0 n \Delta t). \quad (7)$$

С учетом этих значений находим

$$\ln \Lambda(\mathbf{X} / \hat{a}, \hat{b}) = \frac{N}{4\sigma^2} (\hat{a}^2 + \hat{b}^2). \quad (8)$$

Осуществим нормировку величин $\hat{a}$ и $\hat{b}$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{N}{2}} \hat{a}, \ \hat{\beta} = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{N}{2}} \hat{b}. \quad (9)$$

Тогда правило обнаружения имеет вид

$$T(\mathbf{X}) = \hat{\alpha}^2 + \hat{\beta}^2 \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \gamma', \quad (10)$$

где $\hat{\alpha} = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{2}{N}}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\cos(2\pi f_0 n\Delta t)$, $\hat{\beta} = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{2}{N}}\sum_{n=0}^{N-1} x[n]\sin(2\pi f_0 n\Delta t)$.

При справедливости гипотезы H_0 математические ожидания величин $\hat{\alpha}$ и $\hat{\beta}$ равны нулю $\langle \hat{\alpha} / H_0 \rangle = \langle \hat{\beta} / H_0 \rangle = 0$, а при справедливости гипотезы H_1

$$\langle \hat{\alpha} / H_1 \rangle = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{N}{2}}\sum_{n=0}^{N-1} A\cos(2\pi f_0 n\Delta t + \Phi)\cos(2\pi f_0 n\Delta t) \approx \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{N}{2}} A\cos(\Phi),$$

$$\langle \hat{\beta} / H_1 \rangle = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{N}{2}}\sum_{n=0}^{N-1} A\cos(2\pi f_0 n\Delta t + \Phi)\sin(2\pi f_0 n\Delta t) \approx -\frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{N}{2}} A\sin(\Phi)$$

.

Дисперсии величин $\hat{\alpha}$ и $\hat{\beta}$ при справедливости гипотез H_0 и H_1 равны единице $\langle \hat{\alpha}^2 / H_0 \rangle = \langle \hat{\beta}^2 / H_0 \rangle = 1$, $\langle (\hat{\alpha} - \langle \hat{\alpha} / H_1 \rangle)^2 / H_1 \rangle = \langle (\hat{\beta} - \langle \hat{\beta} / H_1 \rangle)^2 / H_1 \rangle = 1$.

Тогда решающая статистика $T(\mathbf{X})$ имеет хи-квадрат распределение с двумя степенями свободы (центральное при справедливости гипотезы H_0 и нецентральное с параметром нецентральности $d^2 = \frac{N}{2}\frac{A^2}{\sigma^2}$ при справедливости гипотезы H_1).

2. Программная реализация модуля исследования вероятностных характеристик обнаружителей гармонического сигнала

Для исследования вероятностных характеристик обнаружителей гармонического сигнала при различной степени априорной неопределенности в визуальной, объектно-ориентированной среде программирования Embarcadero C++Builder 10.2 с использованием библиотеки boost [4] была разработана соответствующая программа.

Библиотека boost обеспечивает возможность работы с различными законами распределения. Фрагмент кода программы, поясняющего процесс задания порога обнаружения и вычисления соответствующих ему значений вероятностей пропуска сигнала, правильного обнаружения и правильного необнаружения приведен в листинге 1.

Листинг 1

Задание порога и вероятностных характеристик обнаружения

```
#include <boost/math/distributions/normal.hpp>
#include <boost/math/distributions/chi_squared.hpp>
#include
<boost/math/distributions/non_central_chi_squared.hpp>

double q=3; // отношение сигнал-шум по напряжению
int Wno=1; // вид неопределенности (1-полностью известный
сигнал, 2-сигнал с неизвестными амплитудой и начальной фазой)
double Plt=0.01; // вероятность ложной тревоги

using namespace boost::math;
normal_distribution<> myNormal0(0,1);
chi_squared_distribution<> myChisquared0(2);

if(Wno==1) // полностью известный сигнал
 {
  normal_distribution<> myNormal1(q,1);
  //  вычисление порога обнаружения
  Zob=quantile(myNormal0,1-Plt);
  // вычисление вероятности пропуска сигнала
  Pps=cdf(myNormal1,Zob);
  // вычисление вероятности правильного обнаружения
  Ppo=1-cdf(myNormal1,Zob);
  // вычисление вероятности правильного необнаружения
  Ppn=cdf(myNormal0,Zob);
}
 else if(Wno==2) // сигнал с неизв. ампл. и нач. фазой
 {
  non_central_chi_squared_distribution<>
myNoncentralChisquared1(2,q*q);
  //  вычисление порога обнаружения
  Zob=quantile(myChisquared0,1-Plt);
  // вычисление вероятности пропуска сигнала
  if(Zob==0&&q==0)
   Pps=0;
  else
   Pps=cdf(myNoncentralChisquared1,Zob);
  // вычисление вероятности правильного обнаружения
  if(Zob==0&&q==0)
   Ppo=1;
  else
   Ppo=1-cdf(myNoncentralChisquared1,Zob);
  // вычисление вероятности правильного необнаружения
  if(Zob==0)
   Ppn=0;
  else
   Ppn=cdf(myChisquared0,Zob);
 }
```

При первом запуске открывается главное окно программы и отображаются гауссовские плотности распределения решающей статистики в задаче обнаружения полностью известного гармонического сигнала при отношении сигнал-шум по напряжению 3 (рис. 1). При этом красным цветом показана плотность распределения решающей статистики для случая справедливости гипотезы H_0 (сигнала нет), а зеленым цветом показана плотность распределения решающей статистики для случая справедливости гипотезы H_1 (сигнал есть). Отображаемый синей линией порог обнаружения соответствует заданному значению вероятности ложной тревоги 0.01. В программе предусмотрена возможность изменения значения порога обнаружения оператором соответствующим ползунком или по принципу «захватить и перетащить», реализованному в соответствии с [5].

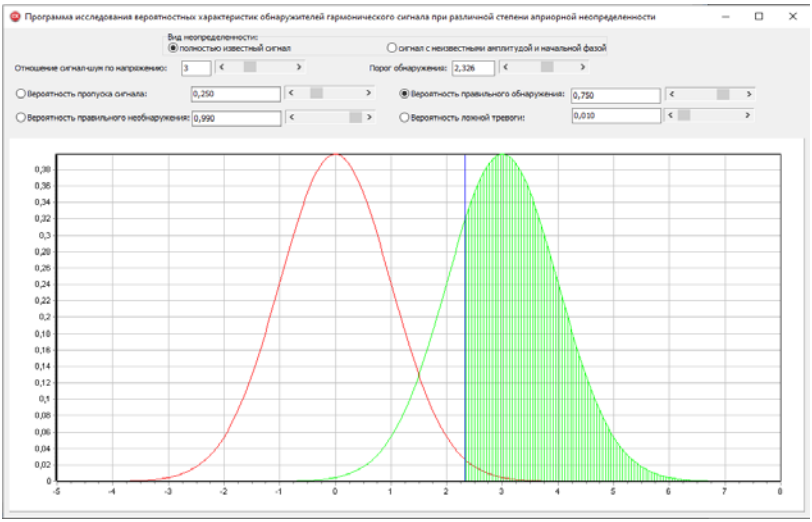


Рис. 1. Первый запуск программы (заштрихована вероятность правильного обнаружения)

Расположенные в верхней части главного окна программы радиокнопки позволяют выбирать штрихуемые площади под кривыми плотностей распределения, соответствующие вероятностям пропуска сигнала, правильного обнаружения, правильного необнаружения и ложной тревоги. Значения этих вероятностей отображаются в соответствующих полях. Менять значение отношения сигнал-шум по напряжению можно соответствующим ползунком, расположенным в

верхней части главного окна программы. При этом если отношение сигнал-шум уменьшается, то плотность распределения решающей статистики для случая справедливости гипотезы H_1 смещается влево, сливаясь при нулевом значении отношения сигнал-шум с плотностью распределения решающей статистики для случая справедливости гипотезы H_0. В этом случае вероятность правильного обнаружения становиться равной вероятности ложной тревоги. При увеличении значения отношения сигнал-шум плотность распределения решающей статистики для случая справедливости гипотезы H_1 смещается вправо.

Изменение вида неопределенности (полностью известный сигнал или сигнал с неизвестными амплитудой и начальной фазой) осуществляется с использованием расположенных в верхней части главного окна программы радиокнопок. Если выбрать сигнал с неизвестными амплитудой и начальной фазой, то отображаются плотности хи-квадрат распределения решающей статистики с двумя степенями свободы в задаче обнаружения гармонического сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой (рис. 2).

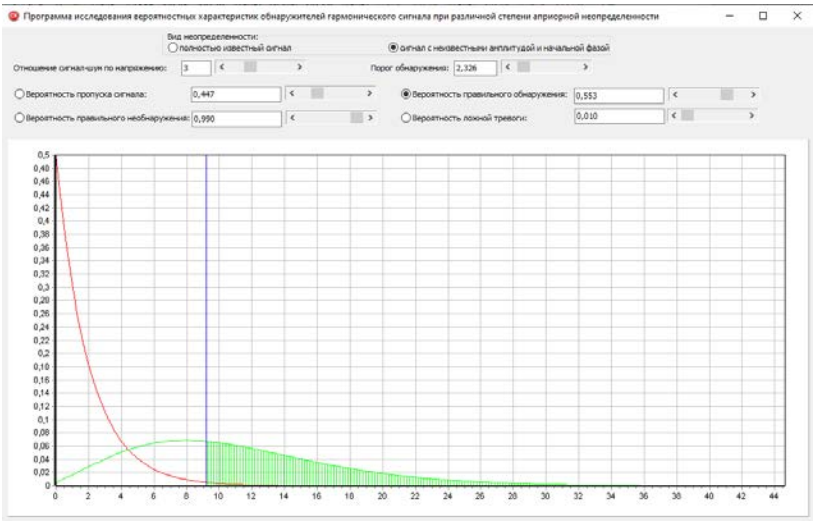


Рис. 2. Вид главного окна программы при изменении вида неопределенности (для сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой)

Заключение

Анализ полученных результатов свидетельствует о возможности программной реализации модуля исследования вероятностных характеристик обнаружителей гармонического сигнала при различной степени априорной неопределенности с использованием библиотеки boost. Программа позволяет рассчитать кривые обнаружения, представляющие собой зависимости вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал-шум при фиксированном значении вероятности ложной тревоги, для полностью известного гармонического сигнала или гармонического сигнала с неизвестными амплитудой и начальной фазой.

Список литературы

1. Шахтарин, Б. И. Обнаружение сигналов / Б. И. Шахтарин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2015. – 464 с.
2. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.
3. Перов, А. И. Статистическая теория радиотехнических систем / А.И. Перов. – М. : Радиотехника, 2003. – 400 с.
4. Полухин, А. Разработка приложений на C++ с использованием Boost. Рецепты, упрощающие разработку вашего приложения / А. Полухин. – М. : ДМК Пресс, 2020. – 346 с.
5. Теллес, М. Borland C++ Builder. Библиотека программиста / М. Теллес. – СПб. : Питер, 1998. – 512 с.

Модель динамической системы обеспечения комплексной защиты информации при передаче голосовых сообщений

К. А. Коновалов, email: kkonov@gmail.com
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе представлена модель динамической системы обеспечивающая комплексную защиту информации. Предлагаемая динамическая система реализуется на примере программной системы "Голосовая почта", в которой апробируются все предлагаемые в статье механизмы.*

Ключевые слова: *Защита информации, голосовая связь, передача информации, системы учета и контроля, индивидуальный код.*

Введение

Статья посвящена вопросам организации защиты информации, включая процессы её передачи [1], на примере «Голосовой почты» [2].

Поскольку любая система защиты информации подвержена вскрытию, вопрос лишь только во временных интервалах, затрачиваемых злоумышленником. В связи с этим можно предложить средства регулярной смены защиты, соотносимые с временем для вскрытия информации. Понимая, что время вскрытия зависит от сложности предлагаемых механизмов защиты, требуется максимальное усложнение предлагаемых алгоритмов в рамках политик. Всё это необходимо было вложить в механизм, точнее модель, реализующую динамический подход, обеспечивающий глубоко эшелонированную систему защиты. Дело в том, что злоумышленник, желая получить конфиденциальную информацию [3], будет применять различные способы вскрытия, например анализ передаваемых потоков информации, либо анализ кода программного продукта, обеспечивающего средства защиты и порождающего защищенные потоки информации. Злоумышленник может применять инструментарий дизассемблирования, а далее анализ программы, либо утилиты по перехвату передаваемых данных для анализа. После чего, поняв алгоритм, лежащий в основе программного решения и алгоритм обеспечения защиты при передаче, злоумышленник выяснит, что за информация передавалась и как обеспечивается связь участников общения. В связи с вышесказанным, задача состоит в том,

© Коновалов К. А., Балакирев Н. Е., 2022

чтобы максимально усложнить эту процедуру комплексом мероприятий. Для обеспечения эффективных способов борьбы с потенциальными возможностями злоумышленника, предлагается механизм, реализующий динамическую систему обеспечения комплексной защиты, который максимально обесценивает деятельность по дизассемблированию кода программного продукта и вскрытию передаваемых потоков информации.

Модель динамической системы

Предлагаемая модель динамической системы подразумевает механизм взаимодействия участников обмена информации используя комплекс защитных мер при передаче информации. В рамках проводимых работ в качестве предмета исследования была рассмотрена передача звуковой информации, относительно которой рассматривались защитные механизмы.

Целью защиты информации является сохранение таких свойств информации, как целостность, доступность и конфиденциальность.

Для обеспечения данных свойств информации предложен комплекс мер, реализующих вариабельность кода программного продукта через индивидуализацию кода и индивидуализацию структур пакета передачи без изменения функциональности, а также возможность их периодического изменения. Данная мера призвана обеспечить бесполезность использования результатов вскрытия алгоритмов программного продукта, так как к завершению вскрытия код программного продукта уже может быть изменен. Периодичность изменения индивидуальных экземпляров программного продукта предлагается отработать на данной модели, имитируя действия злоумышленника, и осуществлять сменяемость продукта в рамках правил выбранной политики. Отсюда возникает необходимость в реализации службы, которая за каждым пользователем закрепляет свой индивидуальный экземпляр (индивидуализация) программного продукта и которая по мере необходимости регулярно перерегистрирует и обновляет программный продукт в соответствии с установленной политикой.

В итоге имеем систему, индивидуально обслуживающую каждого пользователя и реализующую динамичность передаваемой информации.

Возможность документированного установления источника утечки и обеспечение доказательной базы нарушения прав пользования программным продуктом является, пожалуй, наиболее важным дополнительным свойством указанной системы защиты и системы учета программных продуктов. Наряду с индивидуализацией добавляется набор возможностей, облегчающий выявление злоумышленника через маркировку передаваемой информации изменяемыми элементами

«водяных знаков». Для этого предлагается закреплять за пользователями – участниками общения определенные метаданные, реализуемые «водяными знаками», по которым однозначно можно идентифицировать как экземпляр конкретного владельца программного продукта, так и сеанс передачи привязанный к дате и времени передачи информации.

Для обеспечения учета и контроля за правомочностью и корректностью использования экземпляров программных продуктов было решено реализовать централизованную систему учета и контроля использования выдаваемых пользователю индивидуальных экземпляров программ.

Таким образом, в рамках модельной системы «Голосовая почта», для реализации модели динамической системы обеспечения комплексной защиты информации необходимо, чтобы были реализованы механизмы охватывающие, интересующие с точки зрения обеспечения защиты, свойства информации целостности, доступности и конфиденциальности. Реализуемые механизмы следующие:

– Механизм *Идентификации*: передаваемая информация однозначно идентифицирует источник передачи – экземпляр программного продукта. Реализация: пользовательская информация дополняется «водяными знаками», для целей маркировки и дальнейшего контроля за перемещением информации.

– Механизм *Защиты*: передаваемая пользователем информация защищена от просмотра при перехвате, что реализуется структуризацией передаваемого потока амплитуд на базе качественного подхода к анализу данных.

– Механизм *Уникальности*: экземпляр программного обеспечения побайтно уникален для каждого пользователя, т.е. для каждого пользователя создается персональный экземпляр программного продукта посредством индивидуализации программного кода.

– Механизм *Функциональности*: экземпляр программного обеспечения функционально уникален для каждого пользователя , т.е. каждый экземпляр программного продукта, включая компоненты, реализующие структуры данных и протоколы передачи данных, соотносится только с одним пользователем (решено дать название – индивидуализация программного продукта).

– Механизм *Учета и контроля*: уникальные экземпляры программного продукта выдаются пользователям, на основе индивидуализации обеспечивается система учета и контроля предоставления программного продукта.

– Механизм *Мониторинга*: на основе интегральной информации об индивидуальном продукте производится регулярный мониторинг использования программного кода и контроль процесса приема-передачи.

Большинство указанных механизмов обеспечения защиты информации прошли предварительную апробацию, показав свою эффективность, и были включены в комплексную модель [2; 4; 5].

Реализация модельной системы «Голосовая почта» предлагается осуществить согласно концептуальной модели, показанной на рисунке, на которой изображена общая концептуальная модель системы учета и контроля с взаимодействием участников и компонентов моделирующего комплекса.

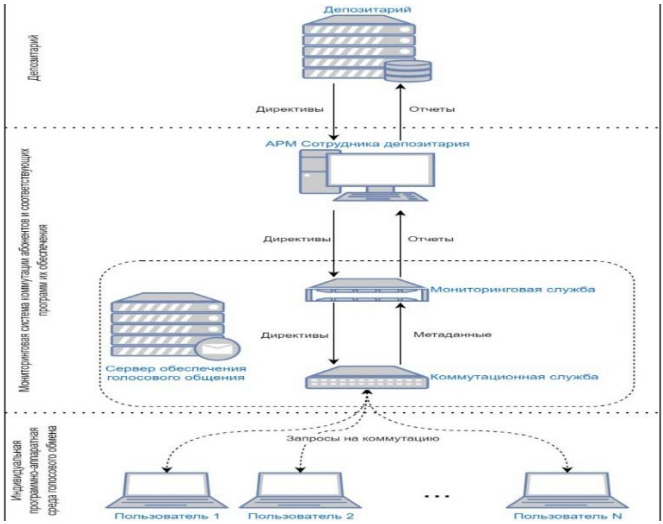


Рисунок. Концептуальная схема работы моделирующего комплекса «Голосовая почта»

В комплексе выделено три компонента:

1. *депозитарий* (по аналогии с банковскими депозитариями [3]),
2. *мониторинговая система коммутации* абонентов и соответствующих программ их обеспечения,
3. индивидуальная программно-аппаратная среда голосового обмена.

Первым на рисунке идет компонент *депозитарий*, на который возлагаются задачи по агрегированию и последующему хранению сведений участников общения с проверкой согласно протоколу

взаимодействия этих участников общения со стороны второго компонента (обеспечивая механизмы *Функциональности* и *Учета и контроля*).

Вторым компонентом идет *мониторинговая система коммутации*, призванная реализовать механизм взаимодействия участников общения и не допустить подключение злоумышленника под видом легитимного пользователя (обеспечивая механизмы *Идентификации*, *Защиты* и *Мониторинга*).

Третий компонент рисунка *индивидуальная программно-аппаратная среда голосового обмена* показана в общем виде (реализация механизма *Уникальности*), т. к. уже ранее упоминалось, что предлагается реализация нескольких стратегий общения: симплексное, дуплексное, а также один к одному или один ко многим с их комбинациями (в рамках указанного выше механизма *Функциональности*). Если рассматривать эту часть схемы в конкретных примерах, то будут такие варианты, как отправитель к только слушающему получателю (получателям) или равноправные (с точки зрения возможности отправки и получения) участники.

Заключение

Предложенная модель динамической системы комплексной защиты информации должна обеспечить высокую степень надежности, а индивидуализация экземпляров программного обеспечения дает документальную основу для выявления злоумышленников.

Список литературы

1. Кибербезопасность АСУ ТП: исследование инцидентов за 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.infowatch.ru

2. Коновалов, К. А. Создание системы обеспечения учета и контроля защиты информации при передаче голосовой информации / К.А. Коновалов, Н.Е. Балакирев // 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Москва, 22-26 ноября 2021 г.). – Москва, 2021. – С. 231-232.

3. Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность и защита информации / В.Ф. Шаньгин. – 2019. – 702 с.

4. Скляров, Д. В. Искусство защиты и взлома информации: монография /Д.В. Скляров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 288 с.

5. Щелкунов, Д. А. Автоматическая защита программ от исследования и отладки / Д.А. Щелкунов // Сборник трудов VII8 Международного симпозиума Интеллектуальные системы (INTELS 2006). – Краснодар, 2009. – 221 с.

Система обнаружения несанкционированных воздействий на систему доменных имен

В.А. Копылов, e-mail: vladkop.ru@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М.Штеменко

Аннотация. *В то время как доменные имена используются авторизованными пользователями, несанкционированные DNS-серверы осуществляют вредоносную деятельность, используя вредоносные программы и вирусы, получают доступ к конфиденциальным данным пользователей. Разработана система, которая помогает операторам выявлять использование несанкционированных DNS-серверов в своих сетях. Она работает путем пассивного анализа DNS-трафика и не требует активного зондирования сторонних серверов. С помощью данной системы обнаруживаются серверы, управляющие ответами, которые влияют на непопулярные домены. Среди них выделяются как законные сервисы, которые предлагают дополнительную защиту клиентам, так и сервисы под контролем вредоносных программ, которые управляют трафиком с вероятными вредоносными целями.*

Ключевые слова: *DNS, авторизованный пользователь, несанкционированный DNS-сервер, система доменных имен.*

Введение

DNS имеет основополагающее значение для интернета, поскольку он преобразует доменные имена в IP-адреса. Операторы обычно развертывают рекурсивные DNS-серверы для обработки запросов, близких к их пользователям [1]. Однако часто встречаются пользователи, которые намеренно выбирают открытые рекурсивные серверы или непреднамеренно полагаются на произвольные серверы. Последнее может произойти, например, когда программное обеспечение, установленное на компьютерах пользователей, автоматически изменяет конфигурацию DNS [2]. Рекурсивные DNS-серверы будут отвечать на запросы пользователей, обращаясь к авторизованному серверу для доменного имени. Другими словами, некоторые рекурсивные серверы иногда отвечают на запросы с ответами, которые отличаются от того, что возвращается от авторизованных пользователей [3-5]. Такие изменения могут происходить как по законным причинам, так и из-за вредоносных программ и вирусов, изменяющих настройки DNS клиентов.

© Копылов В.А., 2022

Соответственно, идентификация несанкционированных серверов на основе пассивного наблюдения за движением сопряжена со многими проблемами [6]. Во-первых, методы балансировки нагрузки DNS обычно используются сетями доставки контента, поэтому ответы могут сильно различаться, например, изменяться с течением времени и в зависимости от географического положения клиента и сервера.

Во-вторых, вредоносные серверы могут возвращать совершенно законные ответы на подавляющее большинство запросов, изменяя при этом лишь небольшое подмножество запросов, например, для очень специфических доменных имен. Система оценивает согласованность ответов всех серверов, извлекая функции непосредственно из DNS-трафика. Эти функции включают количество и тип записей в ответах DNS, типичные значения полей времени жизни (TTL) возвращаемых IP-адресов. Данная система способна выявлять вредоносные серверы, которые лишь эпизодически манипулируют ответами, чтобы заставить пользователей проходить через поддельные серверы, вероятно, находящиеся под контролем злоумышленников.

Основной целью данного исследования является определение основных проблем преобразования доменных имен в IP-адреса в области несанкционированного воздействия на их преобразования и разработка алгоритма защиты, обеспечивающего минимизацию рисков случайных и преднамеренных изменений.

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи исследования:

– определить сущность понятия протокола DNS и алгоритма преобразования его в IP-адрес;

– разработать алгоритм защиты процессов преобразования доменных имен в IP-адреса, доступный для технологической реализации и внедрения.

Разработка моделей

DNS – это крупномасштабная система, состоящая из миллионов серверов, которые взаимодействуют для разрешения запросов пользователей, реализуемая на основе соответствующего стандарта [7]. Несмотря на то, что существующая концепция реализации данной системы взаимодействия регламентирована и активно совершенствуется в области её защиты, на сегодняшний день существует ряд уязвимостей, которые становятся причиной развития кибер-мошенничества и нарушения конфиденциальности пользователя [8]. На рис. 1 показан случай, где зараженный клиент связывается с вредоносным DNS-сервером и запрашивает конфиденциальное доменное имя (например, site.ru), но получает в качестве ответа IP-адрес поддельного веб-сервера.

Клиентам не предоставляются средства для проверки подлинности и целостности ответа и, таким образом, они подвергаются воздействию вредоносных мошеннических DNS-серверов. Именно поэтому исследование аномалий DNS является острым дискуссионным вопросом. В некоторых работах предлагаются общие методы выявления аномалий в DNS [9], например, отравление кэша DNS. Здесь возникает вопрос о том, могут ли изменения DNS быть обнаружены непосредственно из DNS-трафика [10, 11]. Это позволило бы сетевым операторам идентифицировать клиентов, подверженных изменениям, без необходимости периодически проверять внешние хосты на наличие подозрительных DNS.

Таким образом, средство защиты представляет собой систему, помогающую операторам идентифицировать использование несанкционированных DNS-серверов в своих сетях [12, 13].

Система защиты направлена на поиск измененных DNS-ответов, в том числе предоставленных мошенническими серверами, которые перенаправляют трафик на определенные вредоносные серверы. Она обрабатывает пакеты DNS-трафика из сети и выдает подробную информацию об аномалиях DNS [14, 15].

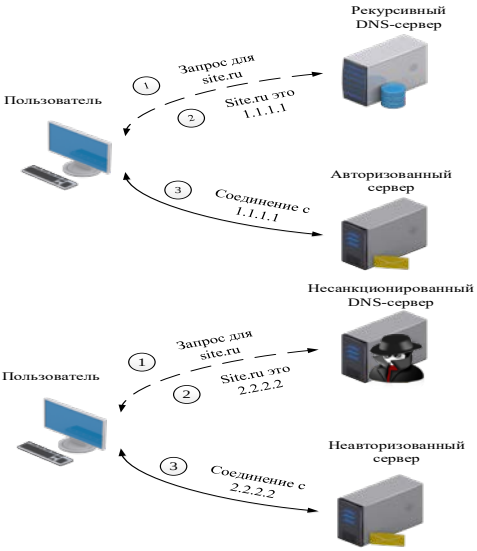


Рис. 1. Управление DNS с помощью поддельных ответов DNS

Учитывая все вышесказанное, на рис. 2 изображена предлагаемая блок-схема алгоритма функционирования системы защиты, которая включает в себя следующую последовательность действий.

Предварительно задаются исходные данные – имена DNS серверов (зона), которые будут подвергаться анализу (блок 1). Зона – часть дерева доменных имен, размещаемая как единое целое на некотором сервере доменных имен, а чаще одновременно на нескольких серверах. Целью выделения части дерева в отдельную зону является передача ответственности за соответствующий домен другому лицу или организации.

Далее осуществляется считывание параметров DNS-трафика (блок 2) и извлечение параметров из активного DNS-трафика, пассивно наблюдаемого в сети (блок 3).

На следующем этапе происходит агрегация ответов по каждому домену и вычисление статистических данных о разрешениях пар доменных имен и IP-адресов и обнаружение аномалий на основе статистики, а также выявление необычных разрешения DNS, которые помечены как подозрительные (блок 4).

Затем происходит отфильтровывание ложных срабатываний, объединение ответов, и, таким образом, происходит оценка адреса назначения, куда направляются пользователи при разрешении доменов (блок 5).

После чего, разрешения, помеченные как аномальные, используются для определения окончательного списка несанкционированных DNS-серверов, и результаты представляются вместе со статистикой, объясняющей источник аномалий (блок 6). Производится объединение статистики по всем ответам, относящимся к каждому домену (блок 7). Далее оцениваются распределения значений для каждой пары IP-адреса и доменного имени (блок 8).

На следующем этапе производится консолидация статистики для каждого запрашиваемого домена. Для этого объединение всех ответов, соответствующих каждому домену. Серверы, которые дадут ответы с параметрами, отличающимися от большинства заслуживают оценки на предмет возможных изменений (блок 9).

Затем формируется список подозрительных ответов (блок 10). К сожалению, прямое сравнение неэффективно, так как количество образцов может быть очень низким для непопулярных серверов. Таким образом, непопулярные серверы часто будут помечены как подозрительные.

IP-адреса и доменные имена, помеченные как подозрительные, включают в себя изменения, но также и ложные срабатывания. Это

ожидается, поскольку на предыдущем этапе считаются подозрительными все резолюции, расходящиеся с большинством.

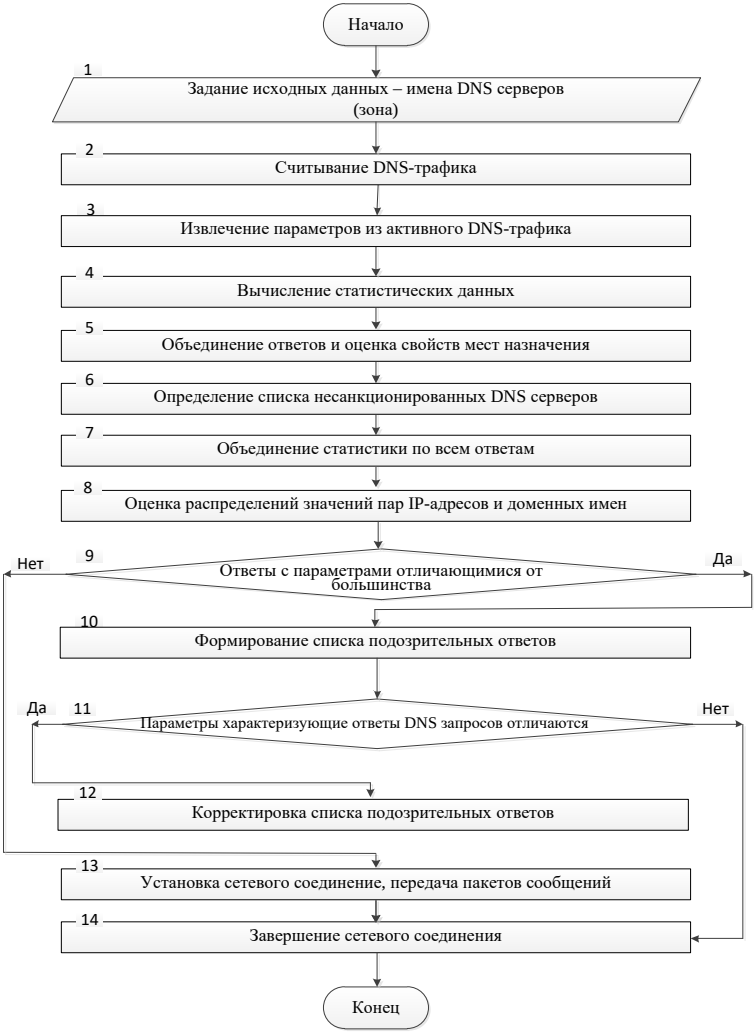


Рис. 2. Блок-схема алгоритма функционирования системы защиты

Однако некоторые пользователи могут предпочесть использовать серверы, расположенные в сетях, которые физически удалены от места,

где они подключены. Серверы в разных местах могут вести себя по-разному. Каждый сервер отвечает на запросы, связанные с различными веб-службами, размещенными в различных системах. Если система размещает несколько популярных доменов, ожидается, что параметры, характеризующие ответы, будут отличаться, например, TTL должен варьироваться от ответа к ответу (блок 11).

Несанкционированные DNS-серверы, изменяют это поведение. Например, вредоносное ПО возвращает IP-адреса, на которых размещены серверы злоумышленника для различных доменов. Следовательно, особенности таких реакций не следуют общим закономерностям, т. е. представляют небольшую вариабельность. Система защиты реализует простое правило, доказавшее свою достаточность для фильтрации ложных срабатываний из списка подозрительных пар IP-адресов и доменных имен. Таким образом производится очистка списка подозрительных ответов (блок 12).

После получения отчетов об активности DNS, помечаются несанкционированными DNS-серверами. Система защиты создает отчет для каждого сервера и представляет его аналитику. В отчете содержится краткое описание глобальной активности DNS (например, количество запросов) и подробная информация о функциях, приводящих к пометке определенных серверов. Последнее позволяет аналитику обнаруживать веб-сайты, которыми управляют несанкционированные DNS-серверы. Устанавливается сетевое соединение (блок 13).

После передачи пакетов сообщений сетевое соединение завершается (блок 14).

Заключение

Проведенное моделирование процессов ИС позволяет повысить эффективность функционирования информационной системы образовательного назначения за счет внедрения возможности формирования профессионально-ориентированного образовательного контента для различных направлений подготовки с учётом дифференцированных весовых коэффициентов.

Информационные модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются информация о целях и задачах изучения дисциплины, информация об учебно-методическом и материально-техническом обеспечении дисциплины, непосредственно сам образовательный контент и другие данные. Выходными данными являются, индивидуализированные для направления подготовки рабочая программа и УМК, процесс формирования которых выполняется под регламентацией управляющей информации из ФГОС, учебного плана,

положения об УМК, и в соответствии с методологией подготовки и способами представления. Исполнителями процессов с использованием информационной системы являются преподаватель и студент.

Список литературы

1. RFC 1034. Domain Names Concepts and Facilities (DNS). – 1987. – [Электронный ресурс] : база данных. – URL: https://tools.ietf.org/html/rfc1034 (дата обращения: 19.11.2021).

2. Олифер, В. Компьютерные Сети. Принципы, технологии, протоколы: / В. Олифер, Н. Олифер : учебник для вузов. 5-е изд. – СПб. : Питер, 2016. – 992 с.

3. Гаврилов, А.Л. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов, С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Технические и технологические системы: Материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17», Краснодар, 22–24 ноября 2017 года / Кубанский государственный технологический университет, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2017. – С. 117-121.

4. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

5. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 1(72). – С. 181-187.

6. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского», Краснодар, 20–21 декабря 2017 года / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2018. – С. 47-52.

7. RFC 1035. Domain names implementation and specification (DNS). 1987. [Электронный ресурс]: база данных. – URL: https://tools.ietf.org/html/rfc1035 (дата обращения: 19.11.2021).

8. Душкин, А.В. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / А.В. Душкин, М.Ю. Петшауэр, С.П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2009. – Т. 12. – № 2. – С. 305-308.

9. Информационная безопасность [Электронный ресурс]: база данных. – URL: http/wiki.merionet.ru/servernye-resheniya. (дата обращения: 19.11.2021).

10. Душкин, А. В. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / А. В. Душкин, В. Н. Похващев, С. П. Соколовский // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

11. Патент № 2408928 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/20, H04L 12/28. Способ сравнительной оценки структур информационно-вычислительной сети: № 2009129726/08 : заявл. 03.08.2009 : опубл. 10.01.2011 / П. А. Берест, К. Г. Богачев, Л. С. Выговский [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военная академия связи имени С.М. Буденного" Министерства обороны Российской Федерации.

12. Патент № 2408928 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/20, H04L 12/28. Способ сравнительной оценки структур информационно-вычислительной сети : № 2009129726/08 : заявл. 03.08.2009 : опубл. 10.01.2011 / П. А. Берест, К. Г. Богачев, Л. С. Выговский [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военная академия связи имени С.М. Буденного" Министерства обороны Российской Федерации.

13. Соколовский, С. П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: Сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2018 года / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2018. – С. 299-304.

14. Иванов, И. И. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации: Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 года. – Санкт-

Петербург: федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия связи имени маршала советского союза С. М. Буденного" министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 147-154.

15. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия связи имени маршала советского союза С. М. Буденного" министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 138-147.

Способ защиты информационных систем от атак с использованием DNS-кэша клиента

В.А. Копылов, e-mail: vladkop.ru@mail.ru

Краснодарское высшее военное училища
имени генерала армии С. М. Штеменко

Ключевые слова: *По мере того, как усилия систем защиты направляются на повышение безопасности сервера, злоумышленники развивают атаки с использованием DNS-кэша клиента, в которых пользователи имеют ограниченные ресурсы и возможности. DNS-атаки позволяют незаметно разрушить кэш пользователя путем фальсификации ответов DNS. В отличие от существующих статичных методов, в этой статье предлагается освободить пользователя от тяжёлой работы по предотвращению неуловимых атак DNS клиента с помощью метода защиты движущихся целей (MTD). Способ защиты информационных систем от атак DNS-кэша относится к области обеспечения безопасности информационных систем и может быть использован в системах предотвращения компьютерных атак.*

Ключевые слова: *DNS, защита движущейся цели, информационная система, компьютерная атака.*

Введение

По мере того как повсеместное использование мобильной связи перерастает традиционные модели сетевых услуг, провайдеры стараются удовлетворять потребности в повсеместном доступе. Большинство крупных провайдеров, предлагающих услугу доменных имен (DNS) [1-3] для пользователей, уменьшают задержки и повышают эффективность, что приводит к созданию уязвимостей. Злоумышленники используют множество способов, чтобы вторгнуться или повредить DNS-серверы и побуждают разрабатывать технологии защиты на стороне сервера, чтобы повысить живучесть системы при атаках [4, 5]. Тем не менее, по сравнению с защитой сервера, безопасность клиента неравномерна и крайне несущественна. Существующие комплексные средства противодействия обнаружению или блокировке [6-8] практически невозможно применить на стороне клиента из-за их высокой стоимости. Поскольку пассивная защита обречена быть недостаточной против постоянно совершенствующихся кибератак, разработка подходов к защите с использованием защиты движущихся целей (MTD) [9, 10]

© Копылов В. А., 2022

является необходимой. Многие технологии уже были разработаны для защиты DNS [11, 12], но большая часть предыдущих работ направлена на безопасность на стороне сервера. Несмотря на то, что разработанные методы обеспечивают достаточно высокий уровень безопасности [13], некоторые недостатки еще предстоит решить. Во-первых, почти все существующие технологии предъявляют чрезмерно высокие требования к ресурсам, что делает их нереалистичными для клиентских устройств с ограниченными ресурсами. Во-вторых, эффективность защитного механизма быстро ухудшается против динамической среды из-за отсутствия адаптируемости.

Основной целью данного исследования является разработка способа защиты информационных систем от атак DNS-кэша.

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи:

– рассмотреть механизм реализации DNS-атаки на стороне клиента;

– разработать способ защиты информационных систем от атак DNS-кэша на стороне клиента, засоряющих кэш поддельными ответами на основании технологий виртуализации и «защиты движущейся цели».

Материалы и результаты исследования

Ответы от DNS-серверов на запросы пользователей сохраняются в течение определенного периода времени в кэше DNS, что позволяет удовлетворять пользователей, отправляющих один и тот же запрос, меньшими задержками и получать лучшую эффективность использования ресурсов. Но данная схема содержит уязвимости, которые используют злоумышленники [14]. Например, атака с отравлением кэша DNS на стороне клиента может внедрить вредоносные программы и отправлять запросы на DNS сервер. Затем пользователю отправляется поддельный ответ от злоумышленника, благодаря чему злоумышленник постепенно манипулирует кэшем пользователя. Атаки на DNS-кэш выполняются путем замены элементов в таблице DNS-кэша фальшивыми, что открывает путь к дальнейшему повреждению системы, перехвату запросов или утечкам конфиденциальности [15, 16]. На рис. 1 показан пример DNS-атаки клиента.

Разработанный способ защиты информационных систем от атак DNS-кэша на стороне клиента позволяет повысить результативность защиты, за счет использования метода защиты движущихся целей (MTD), а также использования технологий виртуализации, что достигается имитацией поочередной работы большого числа пользователей сети с постоянно изменяющимися параметрами адресации.

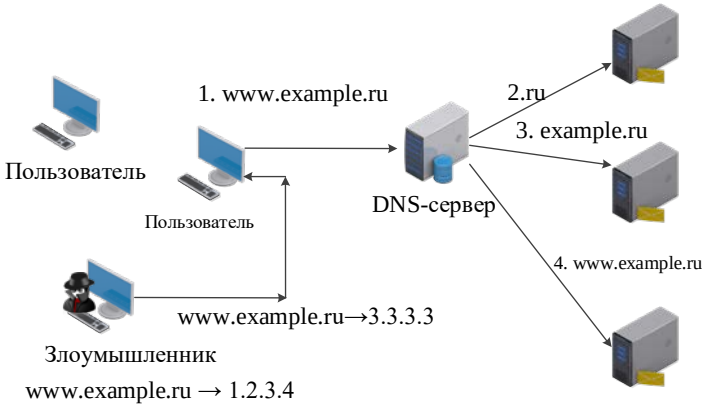


Рис. 1. Пример DNS-атаки на стороне клиента

Реализация предлагаемого способа защиты поясняется обобщенной структурно-логической последовательностью, представленной на рис. 2, где на начальном этапе задается количество виртуальных сетевых карт (блок 1), для каждой виртуальной сетевой карты задается MAC-адрес и доменное имя (блок 2). После чего задается время и порядок переключения между виртуальными сетевыми картами (блок 3).

На следующем этапе выбирается виртуальная сетевая карта для установления соединения (блок 4) и производится очистка DNS-кэша (блок 5) для удаления всей информации о ранее осуществляемых соединениях.

После установления соединения (блок 7) осуществляется передача пакетов сообщений. Если после передачи пакетов сообщений для обмена информацией не осталось, производится завершение соединения (блок 8). Если после передачи пакетов сообщения остались, но время до переключения истекло (блок 6), соединение разрывается и производится установка сетевого соединения с использованием следующей виртуальной сетевой карты (блоки 4, 5, 7).

Заключение

Таким образом, в разработанном способе защиты информационных систем от атак DNS-кэша на стороне клиента обеспечивается повышение результативности защиты, за счет использования метода защиты движущихся целей (MTD), а также использования технологий виртуализации, что достигается имитацией поочередной работы большого числа пользователей сети с постоянно изменяющимися параметрами адресации.

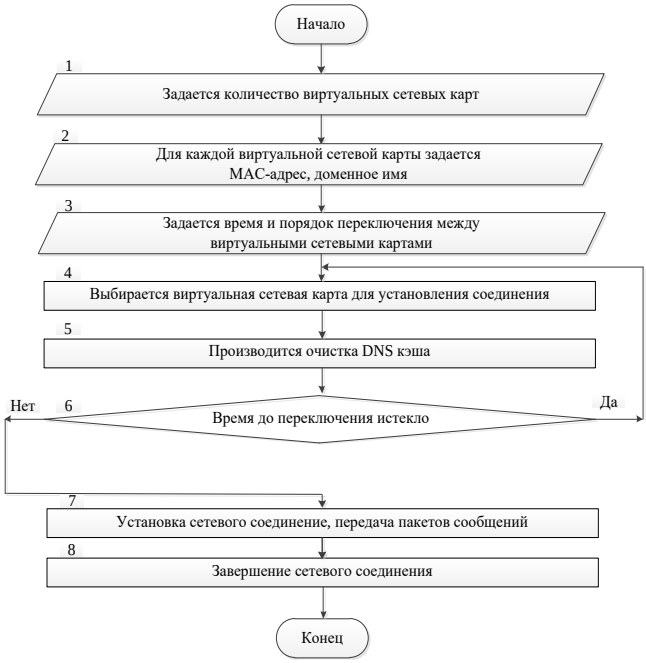


Рис. 2. Блок схема последовательности действий, реализующих способ защиты информационных систем от атак DNS-кэша на стороне клиента

Предлагаемый способ защиты информационных систем от атак DNS-кэша на стороне клиента позволяет вносить изменения на клиентских устройствах только на программном уровне, что уменьшает стоимость и затраты на реализацию системы защиты.

Список литературы

1. RFC 1034. Domain Names Concepts and Facilities (DNS). 1987. [Электронный ресурс]: база данных. – URL: https://tools.ietf.org/html/rfc1034

2. RFC 1035. Domain names implementation and specification (DNS). 1987. [Электронный ресурс]: база данных. – URL: https://tools.ietf.org/html/rfc1035

3. Олифер, В. Компьютерные Сети. Принципы, технологии, протоколы: / В. Олифер, Н. Олифер : учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.

4. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

5. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 1(72). – С. 181-187.

6. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского», Краснодар, 20–21 декабря 2017 года / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2018. – С. 47-52.

7. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 11–15 ноября 2019 года / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2019. – С. 447-448.

8. Патент № 2355024 C2 Российская Федерация, МПК G06F 15/00, G06F 17/00. Способ мониторинга безопасности автоматизированных систем : № 2007105319/09 : заявл. 12.02.2007 : опубл. 10.05.2009 / А. С. Евстигнеев, К. М. Зорин, М. А. Карпов [и др.] ; заявитель ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ имени С.М. Буденного.

9. Патент № 2696330 C1 Российская Федерация, МПК G06F 21/50, G06F 21/60, H04L 9/00. Способ защиты вычислительных сетей : №

2018128075 : заявл. 31.07.2018 : опубл. 01.08.2019 / В. В. Барабанов, А. А. Ефремов, Р. В. Максимов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко" Министерство обороны Российской Федерации.

10. Патент № 2649789 C1 Российская Федерация, МПК H04L 12/801, H04L 29/06, H04L 9/32. Способ защиты вычислительных сетей : № 2017125677 : заявл. 17.07.2017 : опубл. 04.04.2018 / Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов, И. С. Проскуряков, С. П. Соколовский ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко" Министерства обороны Российской Федерации.

11. Гаврилов, А.Л. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.]// Технические и технологические системы: Материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17», Краснодар, 22–24 ноября 2017 года / Кубанский государственный технологический университет, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2017. – С. 117-121.

12. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2016 года / Под редакцией Тюкачева Н.А.. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2016. – С. 259-264.

13. Катунцев, С. Л. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2018. – № 3. – С. 239-248.

14. Иванов, И. И. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "военная академия

связи имени маршала советского союза с. м. Буденного" министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 147-154.

15. Душкин, А. В. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2009. – Т. 12. – № 2. – С. 305-308.

16. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11-12 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия связи имени маршала советского союза С. М. Буденного" министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 138-147.

Модуль системы специалистов СМЭ, предназначенный для определения давности появления кровоподтёков

В. Д. Крыжановский, email: vlad0kryzh@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается создание модуля экспертной системы судебно-медицинской экспертизы, предназначенного для автоматического определения давности получения травмы.*

Ключевые слова: *кровоподтёк, нейронные сети, Keras, TensorFlow, Sequential, свёрточные сети.*

Введение

Одной из задач, стоящих перед центрами судебно-медицинской экспертизы является определение давности получения травм потерпевшими. Возбуждение уголовного производства возможно только при наличии заключения специалистов центра СМЭ, а также, если пострадавший желает в дальнейшем в судебном порядке возместить причинённый ему ущерб в рамках гражданского процесса, ему необходимо будет предоставить в судебную инстанцию соответствующее заключение.

1. Постановка задачи

Необходимо создать модуль для классификации кровоподтёков, приведённых на фотографии, по четырём категориям давности: одни сутки (рис. 1), двое-пятеро (рис. 2), пять-десять (рис. 3) и десять-пятнадцать суток (рис. 4). Обычно фотофиксация предполагает использование линейки эксперта: рассматриваемый объект, в нашем случае, кровоподтёк, должен быть расположен рядом с ней, со стороны с нанесёнными делениями. В силу необходимости автоматического определения области расположения повреждения, для определения координат объекта распознания, принято решение использовать нейронную сеть.

© Крыжановский В.Д., 2022



Рис. 1. Кровоподтёк суточной давности



Рис. 2. Кровоподтёк, полученный двое-пятеро суток назад



Рис. 3. Кровоподтёк, полученный пять-десять суток назад



Рис. 4. Кровоподтёк, полученный десять-пятнадцать суток назад

2. Изучение технологий

Изначально предполагалось, что модуль будет только определять цвет раны и, на основании этого будет выноситься предварительный вывод о сроке, прошедшем с момента получения повреждения. Была изучена библиотека алгоритмов компьютерного зрения OpenCV: предполагалось с помощью нейронной сети решить задачу детекции, то есть обнаружить область расположения кровоподтёка, после чего обработать её гауссовым размытием и, используя метод k-средних, найти цвет в формате RGB. С уточнением требований от этого пришлось отказаться.

Для распознания изображений была выбрана TensorFlow, Keras и модель Sequential.

TensorFlow – это библиотека с открытым исходным кодом, созданная для Python командой Google Brain. TensorFlow объединяет множество различных алгоритмов и моделей воедино, позволяя пользователю реализовать глубокие нейронные сети для использования в таких задачах, как распознавание и классификация изображений, а также обработка естественного языка.

Keras – это высокоуровневый API (интерфейс прикладного программирования), который может использовать функции TensorFlow. Keras был разработан с учетом удобства использования и модульности в качестве своих руководящих принципов. С практической точки зрения Keras делает реализацию многих мощных функций TensorFlow максимально простой, и он настроен на работу с Python без каких-либо серьезных модификаций или конфигураций.

Sequential – модель нейронных сетей, предполагающая последовательное расположение слоёв в линейном стеке.

3. Разработка алгоритма решения задачи

Необходимо классифицировать кровоподтёк по четырём категориям давности: одни сутки, двое-пятеро, пять-десять и десять-пятнадцать. Была произведена операция аугментации имеющихся данных для увеличения количества изображений, в частности, посредством операции отражения, поворота и растяжения. В последних двух случаях происходит потеря «обрезанных» краёв изображения, но в данном случае это некритично, поскольку важная часть находится в центральной части изображения. Также изначальный датасет имеет высокое разрешение, что негативно скажется на процессе обучения. Данная проблема была решена посредством уменьшения изображений.

Разметка нужных объектов – в нашем случае кровоподтеков – будет производиться с помощью программы LabelImg.

В модель нейронной сети добавлены свёрточные слои Conv2D с функцией активации ReLu, содержащий 32 нейрона, слой для операции макспулинга и слой Dropout с аргументом 0,25 для решения проблемы переобучения. После этого идёт слой Conv2D с функцией активации ReLu, содержащий 64 нейрона, ещё один слой MaxPool2D (для макспулинга) и DropOut. После этого полученные данные выравниваются слоем Flatten и передаются на слой Dense из 256 нейронов с функцией активации ReLu, за которым расположен ещё один слой Dense из четырёх нейронов с функцией активации softmax.

Компилируем модель, выбрав функцией потерь функцию категориальной перекрёстной энтропии, стохастический градиентный спуск для оптимизации и метрику «accuracy». Обучение будет проводиться за 100 эпох, отношение тестовых изображений к обучающим выбрано как один к четырём.

Заключение

Разработан модуль экспертной системы СМЭ для классификации кровоподтёков в зависимости от давности нанесения травмы. Эффективность работы полученной сети близка в 95%.

Список литературы

1. Документация Keras [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://keras.io/guides/
2. Глубокое обучение в биологии и медицине : издание / Б. Рамсундар [и др.] ; пер. с анг. В.С. Яценкова. – Москва : LVR Пресс, 2020. – 200 с.
3. Аксенов, С.В. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) под общ. ред. В.Б. Новосельцева / С.В. Аксенов, В.Б. Новосельцев. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
4. Круглов, В.В. Гибридные нейронные сети / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – Москва: 2005 – 137 с.
5. Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика/ Ф. Уоссермен – Москва: Мир, 1992. – 380 с.

Визуализация шаблонов максимальной активации фильтров сверточной нейронной сети в задаче классификации радиолокационных изображений с различным разрешением

И. Ф. Купряшкин, email: ifk78@mail.ru
А. С. Мазин, email: mazinant@rambler.ru

ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Описан порядок подготовки обучающих, проверочных и тестовых наборов изображений, приведена структура глубокой сверточной нейронной сети и условия ее обучения. Приведены изображения шаблонов, обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев нейронной сети, обученной на наборе радиолокационных изображений с различным разрешением.*

Ключевые слова: *радиолокационное изображение, глубокая сверточная нейронная сеть, классификация изображений объектов.*

Введение

В настоящее время глубокие сверточные нейронные сети (ГСНС) стали инструментом, широко применяемым в задаче классификации объектов на радиолокационных изображениях (РЛИ) [1-4]. Несмотря на значительный объем уже выполненных исследований в этой сравнительно новой области, в известных публикациях практически не отражены вопросы влияния изменения разрешающей способности РЛИ на работу ГСНС.

Цель статьи – иллюстрация базовых возможностей ГСНС в задаче классификации объектов на РЛИ с разным разрешением.

1. Подготовка обучающих, проверочных и тестовых наборов изображений

В качестве исходных данных использован набор MSTAR (Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition) [4,5], с 90-х годов являющийся базовым для создания и изучения алгоритмов распознавания отметок объектов на РЛИ. Используемая в настоящей работе открытая часть набора MSTAR включает РЛИ десяти образцов военной техники, полученные РЛС X-диапазона. Заявленное исходное пространственное разрешение составляет около 0,3 м. Примеры оптических и радиолокационных изображений объектов набора MSTAR приведены на рис. 1.

© Купряшкин И. Ф., Мазин А. С., 2022

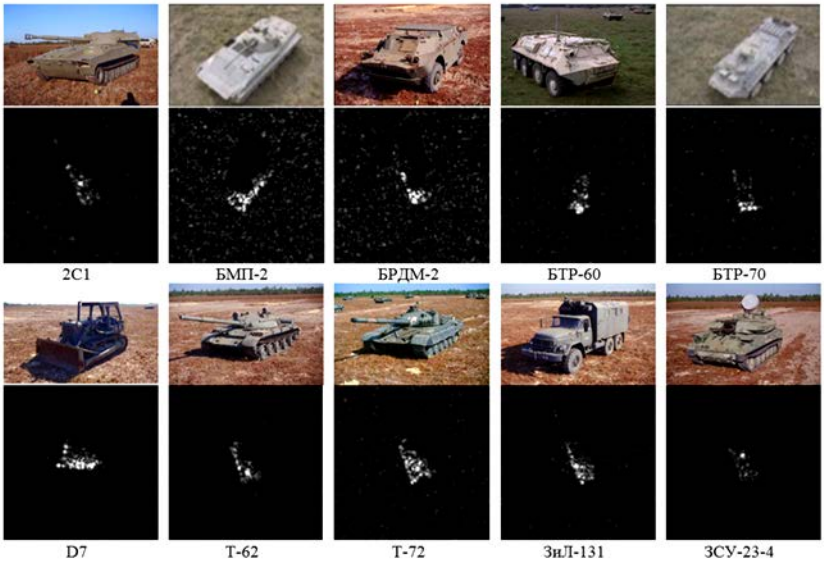


Рис. 1. Оптические и радиолокационные изображения объектов набора MSTAR

Весь имеющийся набор изображений разбит на обучающий (1923 изображения, угол визирования при съемке 17 градусов), проверочный (891 изображение, угол визирования 17 градусов) и тестовый (2503 изображения, угол визирования 15 градусов) наборы.

Каждое исходное изображение представляет собой массив комплексных отсчетов $\dot{\mathbf{I}}$, размерность которого для объектов разных классов является различной (минимальная составляет 128×128 отсчетов). На начальном этапе подготовки данных осуществляется подавление фона местности на каждом изображении для исключения его влияния на результат работы сети. Так как при отсутствии фона исходная размерность изображений набора MSTAR от 128×128 отсчетов и более является избыточной, на следующем этапе осуществляется ее понижение до 44×44 отсчетов (именно при такой минимальной размерности отметки объектов всех классов полностью помещаются в пределах кадра изображения).

Подготовка наборов РЛИ с ухудшенным пространственным разрешением осуществлялась путем пространственной фильтрации изображений после пороговой обработки и снижения их размерности как

$$I_{ij} = \sum_{m=1}^{N}\sum_{n=1}^{N}\left|\dot{I}_{mn}\right| G(m-i, n-j),$$

где $G(m,n) = \exp\left(-\frac{(m^2+n^2)}{2k_r^2}\right)$; k_r – коэффициент, характеризующий, во сколько раз в результате фильтрации ухудшается пространственное разрешение изображения; $i = 1, N$; $j = 1, N$; $N = 44$.

Примеры изображений объектов с исходным разрешением 0,3 м и с ухудшенным в два (0,6 м) раза показаны на рис. 2.

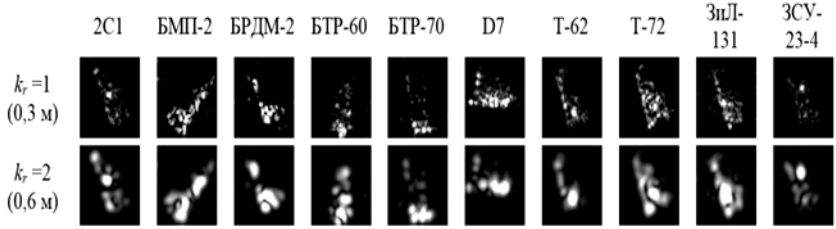


Рис. 2. Примеры изображений наборов с исходным и ухудшенным в два раза пространственным разрешением

2. Архитектура глубокой сверточной нейронной сети

Разработка и обучение сети осуществлялось с использованием фреймворка TensorFlow 2.0 и библиотеки глубокого обучения Keras [6].

Архитектура сети включает последовательности четырех пар сверточных слоев (Convolution Layers) с одинаковыми ядрами 3×3 и единичным шагом свертки. После каждой пары включены слои подвыборок (MaxPooling) 2×2. Первая пара сверточных слоев включает по 32 фильтра, вторая – по 64, третья – по 128 и четвертая – по 256. Полносвязный классификатор включает входной слой на 4096 входов и 256 выходов, слой 50-процентного прореживания (Dropout) и выходной слой с 10 выходами по числу классов. В качестве функции активации сверточных слоев и входного слоя классификатора используется кусочно-линейная (ReLU). Размерность входного изображения составляет 128×128. Для описанной архитектуры количество настраиваемых параметров сети составляет 2’223’082.

При обучении использовался адаптивный алгоритм Adam, в качестве приема предотвращения переобучения применялось расширение данных (augmentation) путем смещения каждого изображения по вертикали и горизонтали на случайное число пикселей от одного до пяти и двукратной подачей обучающего набора на вход сети

в течение каждой эпохи. По результатам классификации изображений тестового набора сеть показала точность 97,91%, т.е. неверно классифицировала 52 изображения из 2503. Для набора данных с разрешением, ухудшенным в два раза ($k_r = 2$), точность составила 89,82%.

3. Шаблоны, обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев

На рис. 3 показаны входные изображения (шаблоны), обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев (по восемь для каждого слоя) сети при исходном разрешении. Для их получения использовался метод градиентного восхождения в пространстве входов, описанный в [6].

Видно, что в более высоких слоях фильтры начинают описывать все более сложные текстурные признаки, что вообще является типичным для сверточных сетей [6]. При этом отчетливо видна характерная рамка по периметру изображений, особенно для фильтров высоких слоев. Это объясняется использованием выбранного приема расширения данных (случайного смещения изображений на 1-5 пикселей по вертикали и горизонтали), приведшего к тому, что края изображений практически не определяют активацию фильтров и не являются информативными для сети.

Фильтры первых четырех сверточных слоев кодируют простые направленные контуры. Фильтры 5 и 6 кодируют сочетания направленных контуров и зернистой текстуры, обусловленной спекл-эффектом, типичным для РЛИ. Фильтры 7 и 8 кодируют наиболее сложные текстурные признаки, практически неинформативные для восприятия человеком, но, по всей видимости, позволяющие представить изображения объектов в виде их суперпозиции.

На рис. 4 показаны входные изображения, обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев (по восемь для каждого слоя) сети, обученной на наборе изображений с двукратным ухудшением разрешения (0,6 м).

Заключение

Таким образом, применение ГСНС в задаче классификации РЛИ объектов военной техники продемонстрировало высокую, порядка 98%, точность. Такое значение является практически недостижимым при использовании традиционных (не нейросетевых) алгоритмов. Также, как и в случае ГСНС, обученных на наборах оптических изображений, более высокие слои выделяют более сложные текстурные признаки. Из сравнения шаблонов на рис. 3 и 4 видно, что хотя при ухудшении

разрешения тенденция к усложнению текстурных признаков в более высоких слоях сохранилась, вид самих текстур существенно изменился.

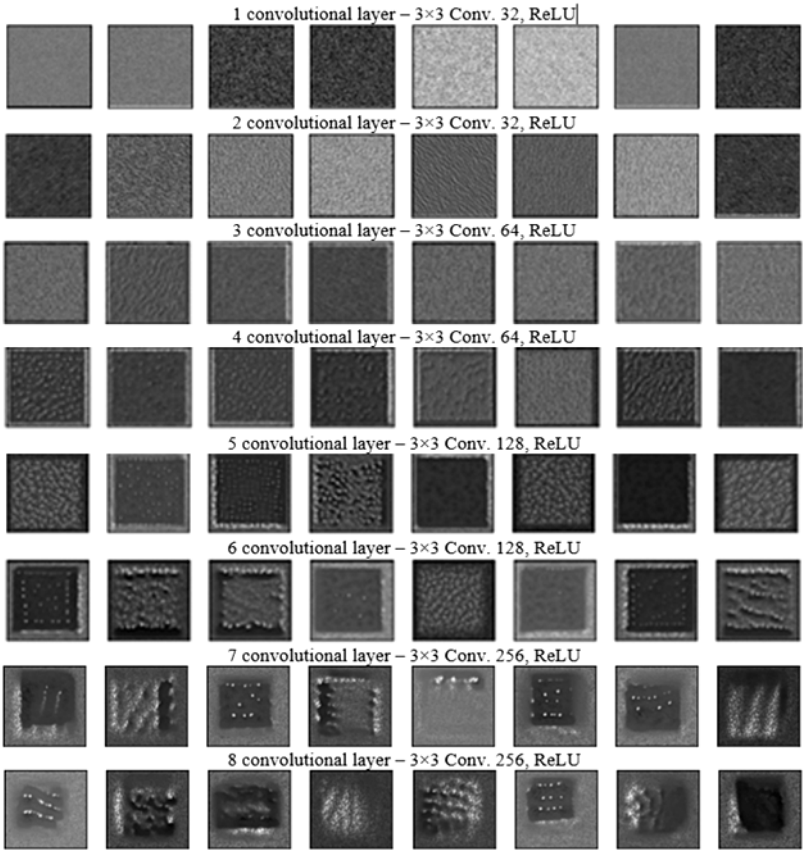


Рис. 3. Шаблоны, обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев при исходной разрешающей способности (0,3 м)

Причем визуально это отличие можно охарактеризовать как своего рода упрощение текстур, выразившееся в их большей однородности. Уменьшение разнообразия текстурных признаков при снижении разрешения свидетельствует о меньшей выраженности классификационных признаков, и ограничении степени детализации входных изображений, которые можно представить в виде суперпозиции шаблонов фильтров.

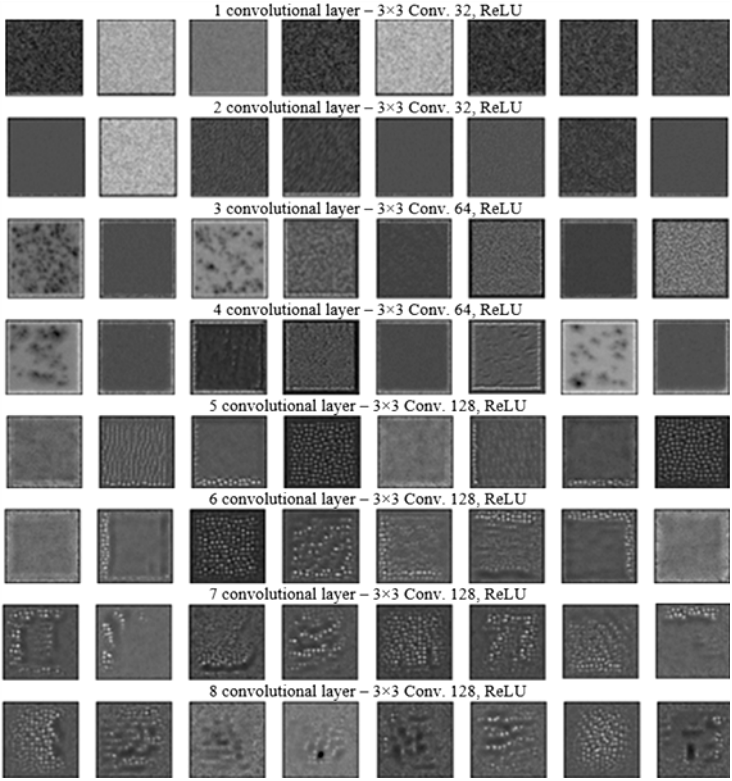


Рис. 4. Шаблоны, обеспечивающие максимальную активацию фильтров сверточных слоев при двукратном ухудшении разрешающей способности (0,6 м)

Список литературы

1. Target Classification Using the Deep Convolutional Networks for SAR Images / S. Chen [et al.] // IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing, 2016, vol. 54, no. 8, pp. 4806-4817. doi: 10.1109/TGRS.2016.2551720.

2. Coman C., Thaens R. A Deep Learning SAR Target Classification Experiment on MSTAR Dataset / C. Coman, R.A. Thaens //19th International Radar Symposium (IRS). – 2018. – P. 1-6.

3. MSTAR [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.sdms.afrl.af.mil/index.php?collection=mstar.

4. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле – СПб: Питер, 2018. – 400 с.

Модель влияния субъекта социальной сети

А. В. Кураев, email: artemkuraevmarder@gmail.com
П. А. Паринов, email: parinov_p@sc.vsu.ru
А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Рассматриваются коммуникативные процессы в социальных сетях, модель влияния субъекта социальной сети на основе клеточного автомата, состояния субъекта социальной сети в конкретные моменты времени, социальная интегральная сила субъекта с учетом резонанса события. Произведена оценка социальной интегральной силы с учетом резонанса события для сообществ Youtube схожей тематики.*

Ключевые слова: *Социальные сети, влияние в социальных сетях, коммуникативные процессы, клеточный автомат, субъект социальной сети, социальная интегральная сила*

Введение

Одной из основных угроз информационной безопасности является использование информационно-коммуникативных технологий в целях пропаганды терроризма, экстремизма, распространения ксенофобии, идей национальной исключительности в целях подрыва суверенитета, политической и социальной стабильности, насильственного изменения конституционного строя, нарушения территориальной целостности страны, влияния на происходящие события [1]. Одним из инструментов для достижения данных целей могут выступать социальные сети. В связи с этим актуальной задачей является построение модели влияния субъекта социальной сети.

1. Социальные сети

Социальная сеть – это сетевая площадка, на которой происходит взаимодействие пользователей для достижения различных коммуникационных целей.

В социальной сети можно выделить следующие сущности: субъект социальной сети – это генератор контента, подсубъект сети– избранный субъектом человек, помогающий в деятельности субъекта, и агент – потребитель контента [2]. На рис. 1 представлена схема взаимодействия сущностей социальной сети.

© Кураев А. В., Паринов П. А., Сирота А. А. 2022

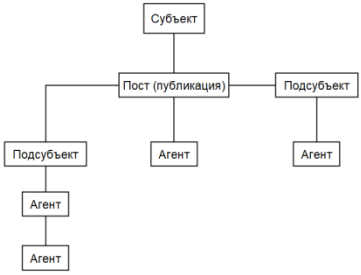
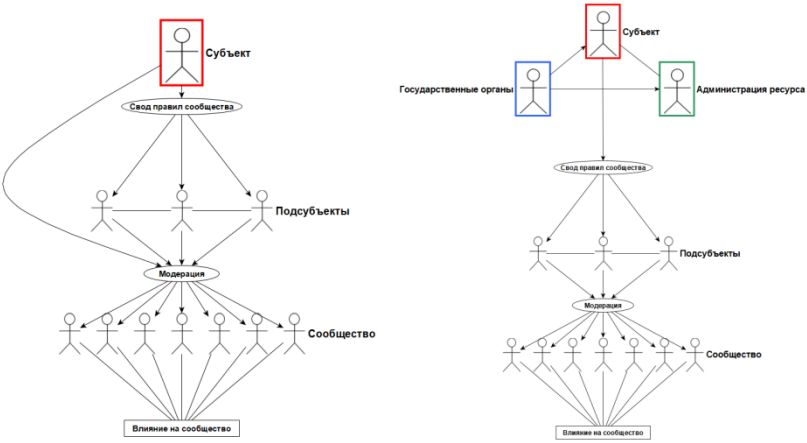


Рис. 1. Схема взаимодействия сущностей социальной сети

2. Коммуникативные процессы, и механизмы управления в социальных сетях

В социальных сетях существует два типа управления процессами, протекающих внутри них, управление путем самоорганизации и управление путем использования административных ресурсов, соответственно [2]. Схемы данных процессов представлены на рис. 2:



а б

а – управление путем самоорганизации, б – управление путем использования административных ресурсов

Рис. 2. Типы управления в социальных сетях

Ключевое отличие данных типов управления, заключается во влиянии извне на субъекта сети. Влияние могут оказывать

государственные органы или администрация ресурса, которые могут регулировать как правила внутри сообщества, так и поведение самого субъекта [2].

3. Модель субъекта социальной сети

Представим субъекта социальной сети в виде двумерного клеточного автомата и рассмотрим возможные состояния субъекта.

Каждый субъект Sub_n имеет перечень тем и мнений $T^n = \{T_m^n\}$ и может находиться в состояниях Cs_i представленных в Таблице 1. Результирующий клеточный автомат представлен в виде графа рис. 3. Ребра в данном графе не направленные, так как состояние может измениться в новое, или же вернуться в предыдущее. Состояние клетки может завесить от множества факторов, как внешних, так и внутренних, например, общая ситуация по поводу того или иного мнения в социальной сети, или взаимодействие между множеством агентов, или же субъектов.

Таблица 1

Список состояний субъекта

Состояние	Значение	Описание
Cs_1	$U_n^t = 0$	не распространяет и не генерирует контент
Cs_2	$U_n^t = 1$	сгенерировал контент общественно поддерживаемого характера и распространяет его
Cs_3	$U_n^t = 1$	сгенерировал контент деструктивного характера и распространяет его
Cs_4	$0 < U_n^t < 1$	поддерживает и распространяет контент субъекта с схожими взглядами
Cs_5	$U_n^t = 1$	сгенерировал контент, противоречащий контенту субъекта с противоположными взглядами
Cs_6	$U_n^t = 1$	сгенерировал контент нейтрального характера и распространяет его
Cs_7	$0 < U_n^t < 1$	взаимодействует с подсубъектами
Cs_8	$0 < U_n^t < 1$	взаимодействует с агентами

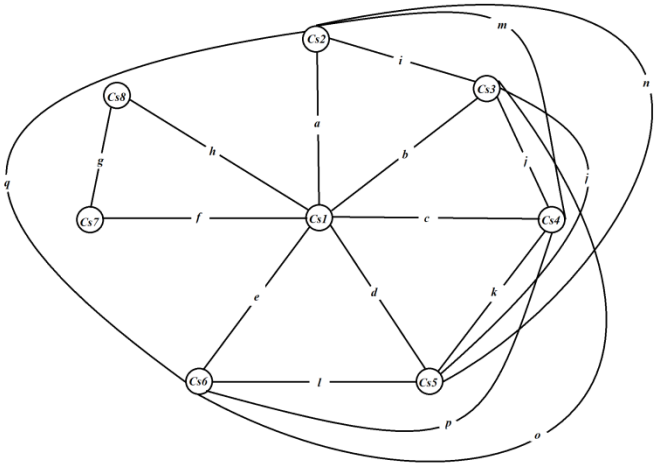


Рис. 3. Клеточный автомат субъекта

В целом состояния n клеточного автомата $Cs_{i,j} \in \{Cs_1, Cs_2, Cs_3 \ldots Cs_n\}$ в определенный дискретный момент времени t, следует принять следующим выражением (1) [3, 6]:

$$Cs_{i,j}(t+1) = (U_i^t(t), N(i,j), t) \quad (1)$$

где, (i, j)- это целочисленные координаты двухмерного клеточного автомата, U_i^t непосредственно закон изменения и перехода состояний внутри клеточного автомата, с $N(i, j)$ окрестностью точки, с шагом в дискретный момент времени *t*.

Определим, что U_i^t будет изменяться по выражению (2):

$$U_i^{t+1} = \begin{cases} 1, \text{ при } U_n^t > 1 \\ 0 < U_n^t < 1 \\ -1, \text{ при } U_n^t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Описание значений приведено в таблице 1, при значении -1 субъект имеет предыдущее состояние. Воспользуемся выражением (3) [3] для получения U_n^t (3):

$$U_n^{t+1} = U_n^t + L_n^t * Sif_n^t, \quad (3)$$

где, L_n^t – это параметр интереса, в конкретный период времени при конкретном состоянии [5], при значении больше 0 информация

воспринимается, при значении ниже 0, не воспринимается, что показано в следующем выражении (4):

$$L_n^{t+1} = \begin{cases} L_n^t < 0 \\ L_n^t > 0 \end{cases} \quad (4)$$

Определим социальную интегральную силу Sif_n^t по выражению (5):

$$Sif_n^t = \frac{\sum_{i=1}^{N} F_i * Tr_{nj}^{Ti}}{N}, \quad (5)$$

где F_i – сила информационного влияния на i-ый субъект, Tr_{nj}^{Ti} – степень матрицы доверия, а N – количество субъектов, которые взаимодействуют с субъектом Sub_n [3].

Силу информационного влияния F_i на i-ый субъект определим следующим образом (6):

$$F_i = G_i U_i^t, \quad (6)$$

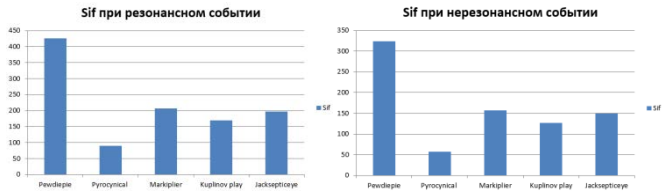
где G_i – это коэффициент передачи информации, который определяется выражением (7):

$$G_i = h_i * \frac{1}{2}^{-l} \quad ,где\ l = \begin{cases} l = 0 \\ l > 0 \end{cases} \quad (7)$$

где степень $-l$, показывает, насколько контент является резонансным, при $l = 0$ событие не резонансное, при $l > 0$ событие резонансное, в то же время h_i это вектор матрицы смежности [4].

На рис. 4 представлены графики зависимости социальной интегральной силы при резонансном и не резонансном событии в сообществах Youtube схожей тематики.

Для оценки социальной интегральной силы были выбраны тестовые данные о сообществах схожей тематики из сети Youtube. Из полученных данных можно сделать вывод, что наибольшее информационное влияние будет у субъекта под псевдонимом «Pewdiepie», так как его социальная интегральная сила, выше, чем у остальных субъектов, даже при не резонансном событии.



а б

а – Резонансное событие б – Не резонансное событие

Рис. 4. Социальная интегральная сила при резонансном и не резонансном событии

Заключение

В данной работе были рассмотрены сущности социальных сетей, схема их взаимодействия, коммуникативные процессы в социальных сетях. Предложена модель клеточного автомата, с помощью которой можно проанализировать состояния субъекта социальной сети в конкретный момент времени и провести оценку его социальной интегральной силы с учетом резонанса события. Данная модель может быть использована для оценки информационного влияния субъекта социальной сети.

Список литературы

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации,[Электронный ресурс] утверждена Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. No 646. – Режим доступа: http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612060002.pdf.

2. Губанов, Д. А. Модели влияния в социальных сетях / Д. А. Губанов, Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили // Управление в социально экономических системах. – 2008. – No 27. – С. 205–281.

3. Гончаров, И. В. Моделирование процессов информационно-психологического воздействия в социальных сетях / И. В. Гончаров, П. А. Паринов, А. А. Сирота // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 93-104.

4. Clauset, A. Finding community structure in very large networks / A. Clauset, M. EJ Newman, C. Moore // Physical review E, 70(6):066111. – 2004.

5. Fortunato, S. Community detection in graphs / S. Fortunato // Physics Reports, 486(3): – 2010. – P. 80–174.

6. Bhardwa, R. Cellular automata: Elementary Cellular Automata / R. Bhardwa –2017. – P. 43-48.

Анализ и прогнозирование риска сердечных заболеваний на основе медицинских данных

Р. М. Куюков, email: renatkuyukov@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева – Казанский авиационный институт

Аннотация. *Математический анализ данных и прогнозирование риска сердечных заболеваний с использованием методов машинного обучения.*

Ключевые слова: *Data Science, Machine Learning, здоровье, медицина, болезни сердца, анализ данных, прогнозирование данных.*

Введение

Термин “болезнь сердца” относится к нескольким типам сердечных заболеваний. Болезнь сердца описывает целый ряд состояний, которые влияют на сердце. Сердечные заболевания включают:

Заболевания кровеносных сосудов, такие как ишемическая болезнь сердца;

- Проблемы с сердечным ритмом (аритмии);
- Пороки сердца, при рождении (врожденные пороки сердца);
- Болезнь сердечного клапана;
- Заболевание сердечной мышцы;
- Сердечная инфекция.

Возникновение многих форм сердечных заболеваний возможно предотвратить. Необходимо проанализировать набор данных для прогнозирования сердечных заболеваний, чтобы выяснить причины и особенности, которые значительно влияют на вероятность сердечных заболеваний. Улучшение этих показателей может снизить риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний.

1. Описание и вывод данных

Данные будут обрабатываться в среде разработки Python. Перед работой необходимо подключить библиотеки математических функций и машинного обучения для сегментации полученных значений, а также для дальнейшего прогнозирования.

© Куюков Р. М., Мокшин В. В., 2022

Данные представляют собой CSV-файл с 12 медицинскими атрибутами, представленные в виде текстовых и числовых значений. Ниже подробно описывается каждый из них.

Таблица 1

Атрибуты данных

Атрибут	**Описание**
Возраст (age)	возраст пациента [год]
Пол (sex)	пол пациента [M: Мужчина, F: Женщина]
Грудная боль (chest pain)	тип боли в груди [TA: Типичная стенокардия, ATA: Атипичная стенокардия, NAP: Нетипичная стенокардия, ASY: Бессимптомная]
Давление (Resting BP)	кровяное давление в состоянии покоя [мм рт. ст.]
Холестерин (Cholesterol)	холестерин в сыворотке крови [мм/дл]
Уровень сахара (FastingBS)	уровень сахара в крови натощак [1: если уровень сахара в крови > 120 мг/дл, 0: в противном случае]
ЭКГ (RestingECG)	результаты электрокардиограммы в состоянии покоя [Нормальный: Нормальный, ST: аномалия зубца ST-T (инверсии зубца T и/или подъем или понижение ST > 0,05 мВ), ГЛЖ: показывает вероятную или определенную гипертрофию левого желудочка по критериям Эстеса]
Макс. ЧСС (MaxHR)	максимальная достигнутая частота сердечных сокращений [Числовое значение от 60 до 202]
Стенокардия (ExerciseAngina)	стенокардия, в нагрузке [Y: Да, N: Нет]
Пиковый низкий ST (Oldpeak)	депрессия ST относится к обнаружению на электрокардиограмме, при котором след в сегменте ST аномально низок ниже базовой линии.
Макс. нагрузка ST (ST_Slope)	максимальная нагрузка ST [Вверх: наклон вверх, Плоский: плоский, вниз: наклон вниз]
Наличие сердечных заболеваний (HeartDisease)	наличие сердечных заболеваний [1: сердечные заболевания, 0: норма]

Далее подключим csv-файл, в котором хранятся необходимые данные.

Листинг 1

```
data=pd.read_csv('../input/heart-failure-
prediction/heart.csv')
data.head()
```

	Age	Sex	ChestPainType	RestingBP	Cholesterol	FastingBS	RestingECG	MaxHR	ExerciseAngina	Oldpeak	ST_Slope	HeartDisease
0	40	M	ATA	140	289	0	Normal	172	N	0.0	Up	0
1	49	F	NAP	160	180	0	Normal	156	N	1.0	Flat	1
2	37	M	ATA	130	283	0	ST	98	N	0.0	Up	0
3	48	F	ASY	138	214	0	Normal	108	Y	1.5	Flat	1
4	54	M	NAP	150	195	0	Normal	122	N	0.0	Up	0

Рис. 1. Описание типов структуры данных

2. Предварительная обработка данных

Предварительная обработка данных является неотъемлемым этапом машинного обучения, поскольку качество данных и полезная информация, которую можно извлечь из них, напрямую влияют на способность нашей модели к обучению.

Концепции для рассмотрения в данной статье следующие:

1. Обработка нулевых значений

В любом реальном наборе данных всегда есть несколько нулевых значений. На самом деле не имеет значения, является ли это регрессией, классификацией или любой другой проблемой, ни одна модель не может самостоятельно справиться с этими значениями NULL или NaN.

2. Масштабирование функций

На алгоритмы определения расстояний, такие как "KNN", "K-средние значения" и "SVM", в наибольшей степени влияет диапазон функций. Это происходит потому, что они используют расстояния между точками данных для определения их сходства. Когда два объекта имеют разные масштабы, есть вероятность, что больший вес будет придан объектам с большей величиной. Это повлияет на производительность алгоритма машинного обучения, и, очевидно, мы не хотим, чтобы наш алгоритм был ориентирован на одну функцию.

Следовательно, мы масштабируем наши данные, прежде чем использовать алгоритм, основанный на расстоянии, чтобы все функции в равной степени влияли на результат.

Нормализация – это метод масштабирования, при котором значения сдвигаются и масштабируются таким образом, чтобы в конечном итоге они находились в диапазоне от 0 до 1. Это также известно как минимальное-максимальное масштабирование.

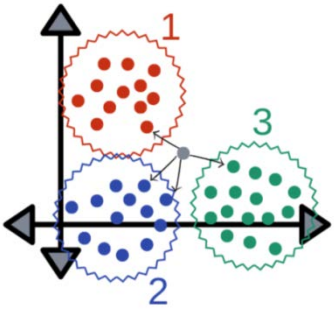


Рис. 2. Масштабирование функции

Где Xmax и Xmin являются максимальными и минимальными значениями функции соответственно, когда значение X является минимальным значением в столбце, числитель будет равен 0, и, следовательно, X’ равно 0 С другой стороны, когда значение X является максимальным значением в столбце, числитель равен знаменателю и, следовательно, значение X’ равно 1 Если значение X находится между минимальным и максимальным значением, то значение X’ находится между 0 и 1.

3. Категориальные переменные

Категориальные переменные – это любой тип объектов, который можно разделить на два основных типа:

– Номинальные переменные – это переменные, имеющие две или более категорий, с которыми не связан какой-либо порядок.

– Порядковые переменные имеют “уровни” или категории с определенным порядком, связанным с ними. Порядок важен.

Это проблема двоичной классификации: цель здесь не искажена, но мы используем наилучшую метрику для этой проблемы двоичной классификации. Следует знать, что компьютеры не понимают текстовые данные, и поэтому нам нужно преобразовать эти категории в числа.

3. Анализ и изучение входных значений

Для улучшения нашей модели необходимо удалить коррелированные переменные. Осуществим это с помощью визуализированной корреляционной матрицы. Можно найти корреляции с помощью функции pandas“.corr()” и визуализировать корреляционную матрицу с помощью plotly express.

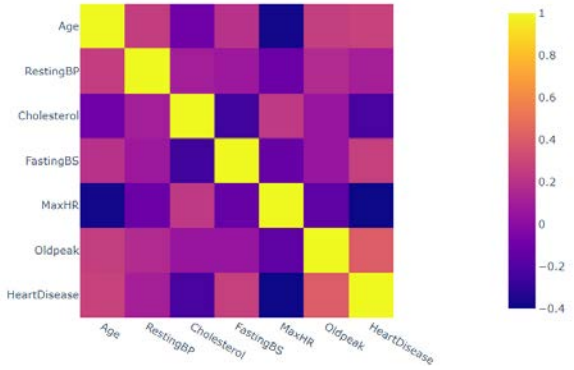


Рис. 3. Корреляционная матрица

Более светлые оттенки цветов на ячейках матрицы представляют собой положительную корреляцию, а более темные оттенки, в свою очередь, представляют собой отрицательную корреляцию.

На данном графике мы видим, что болезни сердца имеют высокую отрицательную корреляцию с "Макс.ЧСС" и отрицательную корреляцию с "Холестерином", положительная корреляция с " Пиковым низким ST ", "голоданием" и "отдыхом".

Покажем также распределение сердечных заболеваний среди мужчин и женщин.

Листинг 2

```
fig=px.histogram(df,  x="HeartDisease", color="Sex",
                 hover_data=df.columns,
                 title="Distribution of Heart Diseases",
barmode="group")
fig.show()
```

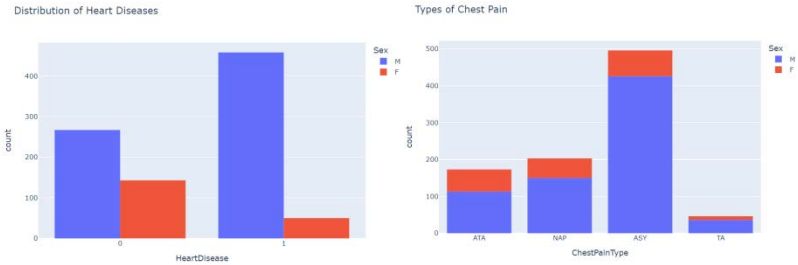


Рис. 4. Распределение сердечных заболеваний по половому признаку

Рассмотрим распределение зависимостей параметров. Для построения нескольких попарных двумерных распределений в наборе данных можно использовать функцию pair plot(). Это показывает взаимосвязь для (n, 2) комбинации переменных в кадре данных в виде матрицы графиков, а диагональные графики являются одномерными графиками.

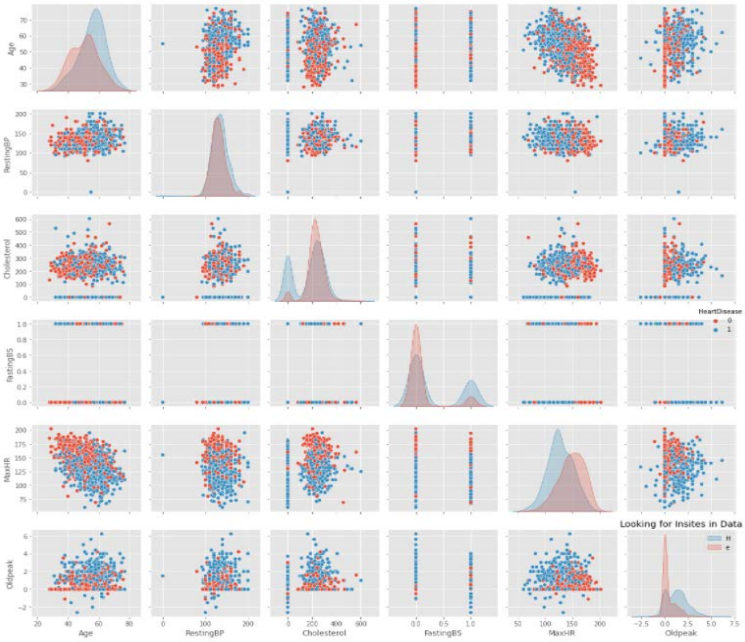


Рис. 5. Зависимость атрибутов данных

Теперь, чтобы проверить линейность переменных, построим график распределения и посмотреть на асимметрию функций. Оценка плотности ядра (kde) методом сглаживания данных является весьма полезным инструментом для построения графика формы распределения.

4. Прогнозирование модели на основе методов машинного обучения

Будем использовать классификатор дерева решений. Дерево решений – это алгоритм контролируемого машинного обучения, который идеально подходит для задач классификации, так как он способен упорядочивать классы на точном уровне. Он работает как блок-схема,

разделяя точки данных на две похожие категории одновременно от “ствола дерева” до “ветвей” и “листьев”, где категории становятся более похожими. Это создает категории внутри категорий, позволяя проводить органическую классификацию с ограниченным наблюдением со стороны человека.

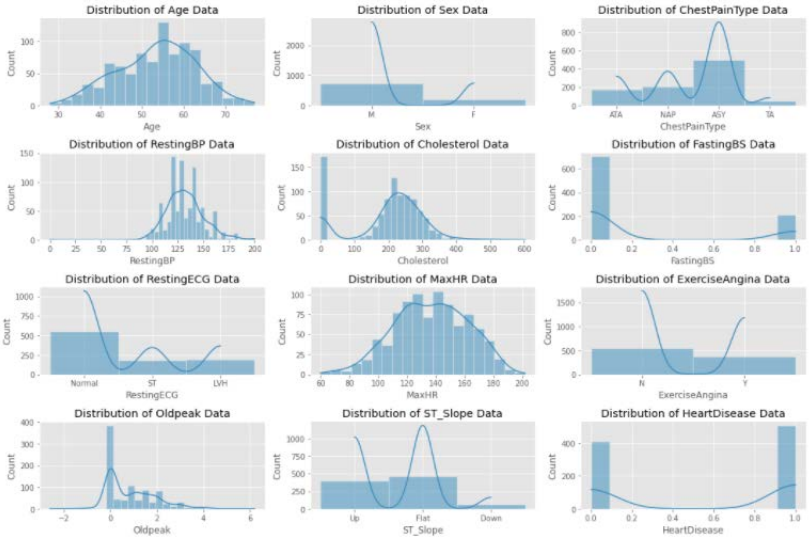


Рис. 6. Распределение атрибутов данных

Использование Random forest

Фундаментальная концепция, лежащая в основе random forest, проста, но мощна – безошибочность множества. С точки зрения науки о данных, причина, по которой модель случайного леса работает так хорошо, заключается в: большое количество относительно некоррелированных моделей (деревьев), работающих в качестве комитета, будет превосходить любую из отдельных составляющих моделей.

Низкая корреляция между моделями является ключевой. Некоррелированные модели могут давать совокупные прогнозы, которые являются более точными, чем любые отдельные прогнозы. Причина этого эффекта заключается в том, что деревья защищают друг друга от своих индивидуальных ошибок. В то время как некоторые деревья могут быть неправильными, многие другие деревья будут правильными, так что как группа деревья способны двигаться в правильном направлении.

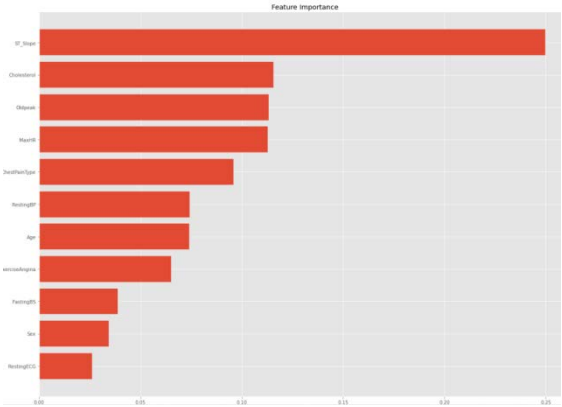


Рис. 7. График прогнозирования наиболее влиятельных атрибутов

На графике мы можем заметить, что Макс. нагрузка ST является самым значимым симптомом при сердечных заболеваниях, далее идут холестерин, пиковый низкий ST, Макс. ЧСС, Грудная боль и т.д.

Использование XGBoost

В отличие от многих других алгоритмов, XGBoost – это алгоритм ансамблевого обучения, означающий, что он объединяет результаты многих моделей, называемых базовыми учащимися, для прогнозирования.

Как и в «random forest», XGBoost использует деревья решений в качестве базового метода.

Однако следует заметить, что деревья, используемые XGBoost, немного отличаются от традиционных деревьев решений. Они называются деревьями «корзин» (деревья классификации и регрессии) и вместо того, чтобы содержать одно решение в каждом конечном узле, они содержат оценки реального значения того, принадлежит ли экземпляр к группе. После того, как дерево достигнет максимальной глубины, решение может быть принято путем преобразования баллов в категории с использованием определенного порога.

Результатом программы является схема в виде дерева, где листья будут обозначать вероятность сердечного заболевания, а корни, которые ведут к листьям, условия атрибутов. Переход к атрибуту происходит при выполнении или не выполнении условия (да или нет), следовательно, каждому варианту соответствует свой путь (ребро графа).



Рис. 8. Прогнозирование сердечных заболеваний с учетом всех полученных данных

В схеме рассмотрены всевозможные наборы атрибутов, поэтому мы можем оценить возможные риски любого пациента.

Листинг 3

```
from xgboost import XGBClassifier
acc_XGB=[]
kf=model_selection.StratifiedKFold(n_splits=5)
for fold , (trn_,val_) in enumerate(kf.split(X=df_tree,y=y)):
    X_train=df_tree.loc[trn_,feature_col_tree]
    y_train=df_tree.loc[trn_,target]
    X_valid=df_tree.loc[val_,feature_col_tree]
    y_valid=df_tree.loc[val_,target]
    clf=XGBClassifier()
    clf.fit(X_train,y_train)
    y_pred=clf.predict(X_valid)
    print(f"The fold is : {fold} : ")
    print(classification_report(y_valid,y_pred))
    acc=roc_auc_score(y_valid,y_pred)
```

Окончание листинга 3

```
    acc_XGB.append(acc)
    print(f"The accuracy for {fold+1} : {acc}")
fig, ax = plt.subplots(figsize=(30, 30))
from xgboost import plot_tree
plot_tree(clf,num_trees=0,rankdir="LR",ax=ax)
plt.show()
```

Заключение

В данной статье был осуществлен анализ медицинской базы данных, и прогнозирование риска сердечных заболеваний с использованием машинного обучения. В итоге проделанной работы мы выявили причины и особенности, которые значительно влияют на вероятность болезней сердца. Улучшение этих показателей могут помочь людям сохранить свое здоровье, а также позволит медицинским работникам более подробно понять причины заболевания.

Список литературы

1. Нестеров, С. А. Базы данных. Интеллектуальный анализ данных : учеб. пособие / С. А. Нестеров – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 272 с.

2. База данных: Heart Failure Prediction Dataset – 11 clinical features for predicting heart disease events. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.kaggle.com/fedesoriano/heart-failure-prediction

3. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной системы / В.В. Мокшин, И.М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – № 5. – С. 46-51.

4. Мокшин, В. В. Рекурсивный алгоритм построения регрессионных моделей сложных вероятностных объектов / В. В. Мокшин, И. Р. Сайфудинов, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – №9. – С. 112-116.

Поиск объектов на изображениях с использованием TensorFlow Object Detection

Е. Ю. Митрофанова, email: mitrofanova@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Одной из самых сложных задач в информационных технологиях является обработка и распознавание объектов на изображениях. Исследования по распознаванию объектов, анализу изображений и речи включены в перечень приоритетных направлений развития науки и техники. В статье процесс поиска и классификации объектов на изображениях реализован с помощью TensorFlow Object Detection.*

Ключевые слова: *поиск объектов, классификация объектов.*

Введение

Одна из востребованных задач компьютерного зрения, которая может быть решена с помощью глубоких нейронных сетей – это поиск на изображении объектов заданного типа.

В случае наличия нескольких объектов на изображении нужно решить две задачи:

1. сегментация – выделение участков изображения, которые относятся к разным объектам;
2. классификация – то есть определение типа объекта, для каждого выделенного сегмента отдельно.

Эти задачи составляют обнаружение объектов. Таким образом, обнаружение объектов – это процесс поиска и классификации объектов в изображении.

К решению задач детектирования и классификации применяются различные подходы: статистические, специально разработанные теории ключевых точек, генетические алгоритмы. Другим методом является машинное обучение, зачастую использующее в работе дополнительно один из предыдущих. Нейронные сети являются наиболее перспективным методом для детектирования и классификации объектов на изображении.

Для выполнения классификации, задач распознавания, обнаружении объектов на изображении используются технология сверточных нейронных сетей (CNNs, или ConvNets). Сверточные нейронные сети являются важными инструментами для глубокого обучения и особенно

© Митрофанова Е. Ю., 2022

полезны для классификации изображений, обнаружения объектов и задач распознавания. Сверточные нейронные сети реализованы в виде серии взаимосвязанных слоев. Слои состоят из повторяющихся блоков сверточных, ReLU (выпрямленных линейных блоков) и слоев объединения. Сверточные слои свертывают их вход с набором фильтров. Фильтры автоматически узнавались во время обучения в сети. Уровень ReLU добавляет нелинейность в сеть, что позволяет сети аппроксимировать нелинейное отображение между пикселями изображения и семантическим содержимым изображения.

1. Сверточные нейронные сети для поиска объектов на изображениях

Рассмотрим архитектуру полносверточных нейронных сетей [1-3]. При проектировании свёрточных сетей в архитектуру могут добавляться разнообразные слои для повышения точности распознавания (drop out layer, local response normalization layer и т.д.). На рисунке 1 представлена базовая архитектура, которая определяет работу полносверточной нейронной сети.

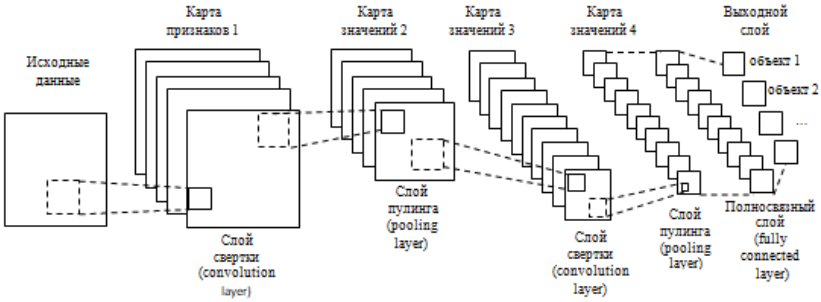


Рис. 1. Архитектура CNN

Основа работы полносверточных сетей – свертка изображения. Ключевыми слоями являются сверточные слои (convolution layer). В свёрточном слое указывается количество выходов со слоя, ядро свёртки, его шаг, размеры, отступ.

Операция свёртки проходит ядром по всему изображению, в результате на выходе получаем величину отклика на ядро свёртки в каждой точке изображения. Количество ядер каждого слоя свёртки равно произведению количества выходов со слоя на количество входных картинок. Далее результаты проходят через следующий слой свёртки, получая значения уже для других ядер. К каждому сверточному слою

можно добавлять слои регуляризации или нормализации (в зависимости от выбора разработчика). Прохождение изображений через многие сверточные слои позволяет получить богатое разнообразие возможных интерпретаций изображения.

Пройдя через требуемое количество слоёв свёртки, изображение затем попадает в слой пулинга (подвыборки, субдискретизации), pooling layer. Этот слой уменьшает размер входных изображений, не уменьшая их количества. Слой имеет ядро, которое движется подобно ядру свертки, вычисляя единственное значение для каждой области изображения. Уменьшение изображения способствует более быстрой обработке сетью большего количества данных. Это позволяет добавлять в следующих свёрточных слоях большее количество выходов, а также повышает точность результатов. Дело в том, что на уменьшенном изображении ядра свёртки того же размера способны захватывать большую область искомого объекта.

Последовательность: convolution/../../convolution/pooling (где количество convolutions layers определяется разработчиком) может повторяться несколько раз, вплоть до того, пока не будет достигнут минимальный размер изображения. Этот размер определяется экспериментально.

Для того чтобы выделенные объекты соответствовали оригинальному масштабу, уменьшенное изображение требуется вернуть к изначальному размеру. Слой upsample (upsample layer) выполняет увеличение изображения. На каждый выход имеется два входных изображения: первое – это обработанная картинка с предыдущего слоя (это может быть convolution или pooling), второе – это картинка из pooling layer, количество выходов которого равны количеству входов соответствующего upsample, а также размеры выходной картинки pooling равны размеру входной картинки upsample.

Таким образом, сверточная нейронная сеть имеет симметричную архитектуру относительно последнего pooling слоя и первого upsample слоя. Между слоями увеличения размеров изображения также помещаются сверточные слои, но количество выходов с них постепенно уменьшается.

Последовательность upsample/convolution/../../convolution необходима, чтобы привести изображение к исходным размерам, при этом сократив количество возможных интерпретаций изображения до количества искомых групп объектов.

Процесс поиска объектов на изображении с использованием сверточных нейронных сетей состоит из следующих этапов [1]:

2. поиск возможных областей, содержащих объект;

3. построение карты признаков предполагаемых областей, содержащих объект;

4. классификация найденных объектов.

2. Поиск объектов на изображении

Обучение и использование нейросетевых моделей, способных локализовать и идентифицировать несколько объектов на одном изображении, остается основной задачей компьютерного зрения. TensorFlow Object Detection API – это платформа с открытым исходным кодом, входящая в состав TensorFlow, которая реализует создание, обучение, тестирование нейросетевых моделей обнаружения объектов.

Для поиска объектов на изображении использовались предварительно обученные нейронные сети на наборе данных COCO [4] (Common Object in Contex – набор данных COCO состоит из 80 подкатегорий, 330000 изображений):

1. faster_rcnn_nas;
2. faster_rcnn_inception_resnet_v2;
3. faster_rcnn_resnet101;
4. ssd_resnet50.

Указанные модели на выходе выдает прямоугольник или прямоугольники (Boxes), внутри которого находится найденный объект (объекты).

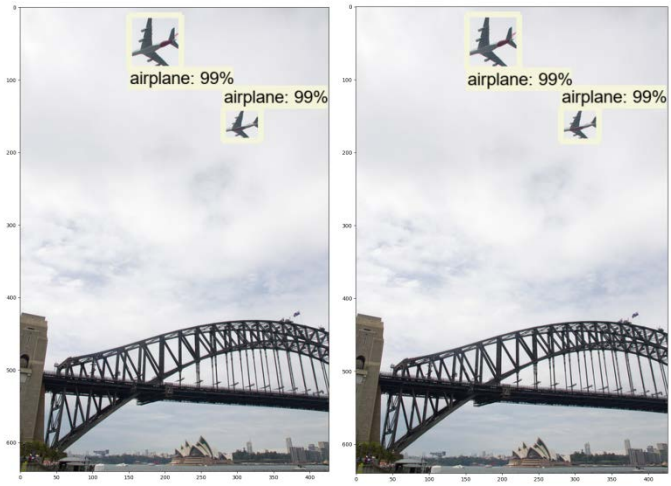
В табл. 1 представлены основные характеристики используемых нейронных сетей.

Таблица 1

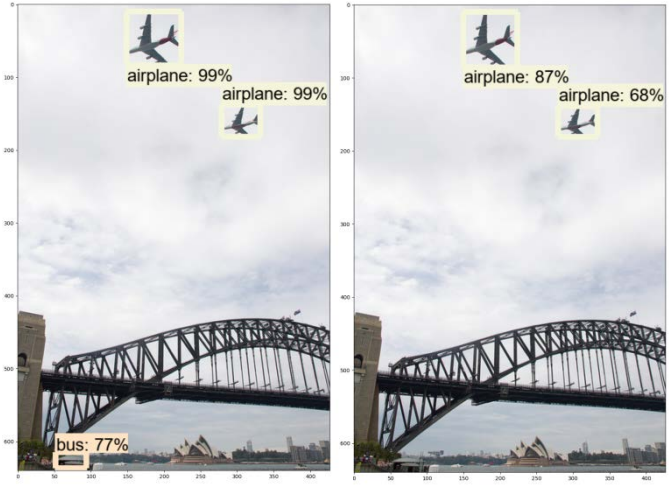
Характеристики предварительно обученных нейронных сетей

№	Название	Скорость (мс)	Средняя точность (%)
1	faster_rcnn_nas	1833	43
2	faster_rcnn_inception_resnet_v2	620	37
3	faster_rcnn_resnet101	106	32
4	faster_rcnn_resnet50	89	30

На рис. 2 представлены полученные результаты поиска объектов на изображениях из набора данных COCO (airplane_COCO.jpg).



а б



в г

а – faster_rcnn_nas, б – faster_rcnn_inception_resnet_v2,
в – faster_rcnn_resnet101, г – faster_rcnn_resnet50

Рис. 2. Результаты поиска объектов из набора данных COCO

При визуализации полученных результатов поиска объектов на изображении выводится исходная картинка, на которой найденные объекты выделяются прямоугольниками. Рядом с каждым прямоугольником отображается название класса объекта и вероятность, с которой объект относится к этому классу.

Для тестирования использовались изображения из набора данных DOTA [5] (Dataset for Object DeTection in Aerial Images), который состоит из изображений RGB и изображений в градациях серого. Изображения RGB взяты из Google Earth и CycloMedia, а изображения в градациях серого взяты из панхроматического диапазона спутниковых изображений.

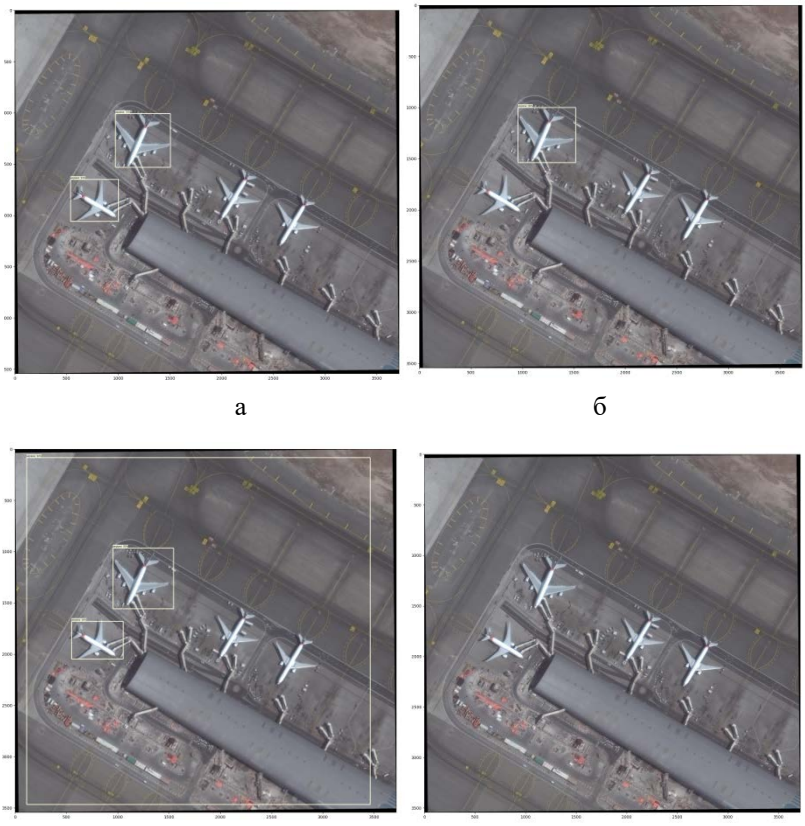
На рис. 3 представлены полученные результаты поиска объектов на изображениях из набора данных DOTA (airplane_DOTA.png).

Полученные результаты более наглядно представлены в табл. 1.

Таблица 2

Результаты поиска объектов на изображениях

	airplane_COCO.jpg	airplane_DOTA.png
faster_rcnn_nas	1 объект – 99% 2 объект – 99% 3 объект – не обнаружен	1 объект – 93% 2 объект – 74% 3 объект – не обнаружен 4 объект – не обнаружен
faster_rcnn_inception_resnet_v2	1 объект – 99% 2 объект – 99% 3 объект – не обнаружен	1 объект – не обнаружен 2 объект – 98% 3 объект – не обнаружен 4 объект – не обнаружен
faster_rcnn_resnet101	1 объект – 99% 2 объект – 99% 3 объект – 77%	1 объект – 64% 2 объект – 55% 3 объект – 94% 4 объект – не обнаружен
ssd_resnet50_v1	1 объект – 87% 2 объект – 68% 3 объект – не обнаружен	1 объект – не обнаружен 2 объект – не обнаружен 3 объект – не обнаружен 4 объект – не обнаружен



а б

в г

а – faster_rcnn_nas, б – faster_rcnn_inception_resnet_v2,
в – faster_rcnn_resnet101, г – faster_rcnn_resnet50

Рис. 3. Результаты поиска объектов из набора данных DOTA

Заключение

Представленные результаты показывают, что для COCO изображений выполняется поиск всех объектов, находящиеся на изображении (вероятность принадлежность к конкретному классу достигает 99%). При использовании предварительно обученной нейронной сети faster_rcnn_resnet101 выполняется более детальный поиск объектов меньшего размера. Нейронная сеть ssd_resnet50_v1

работает достаточно быстро, но при этом для изображений из набора данных DOTA не удается выполнить поиск объектов на изображении.

Для улучшения полученных результатов, необходимо провести дообучение нейронной сети, с использованием характерных изображений, а также добавить дополнительную метку класса.

Список литературы

1. Митрофанова, Е. Ю. Нейросетевые технологии обработки информатики. Методы и технологии глубокого обучения : учебное пособие / Е. Ю. Митрофанова, А. А. Сирота, М. А. Дрюченко .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— 197 с.

2. Сверточные нейронные сети: взгляд изнутри [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ru.datasides.com/code/cnn-convolutional-neural-networks/

3. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурин, Е. Архангельская. – Спб.: Питер, 2018. – 481 с.

4. COCO – Common Objects in Context [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cocodataset.org/

5. DOTA: A Large-Scale Benchmark and Challenges for Object Detection in Aerial Images [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/2102.12219v1

Технологии многопоточной передачи данных в информационных системах

А. А. Москвин, email: tema.kg9012@gmail.com

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко, Краснодар, Россия

Аннотация. *В статье рассматриваются основные этапы реализации протокола транспортного уровня SCTP, имеющим функции управления информационными потоками при многопоточной передачи данных, а также сделаны выводы о применимости данной технологии в синтезе с существующими методами проактивной защиты вычислительных сетей. Цель стати – постановка задачи по разработке алгоритма динамического управления информационными потоками с применением маскирующего трафика, а также разработке модели функционирования сети передачи данных с применением технологии многопоточной передачи данных для организации маскирующего обмена с соблюдением требований к своевременности информационного обмена конструктивными сообщениями.*

Ключевые слова: *проактивная защита, вычислительная сеть, многоадресность, многопоточность, компьютерная атака, сетевые соединения, протокол, сетевая разведка.*

Введение

В информационных системах (далее – ИС) в качестве основного протокола гарантированной передачи данных транспортного уровня применяется TCP (Transmission Control Protocol, RFC 703). Однако, указанный протокол имеет существенные недостатки, которые могут влиять на качество информационного обмена:

– протокол TCP достаточно слабо защищён от DOS-атак;

– протокол TCP формирует задержки в получении данных при возникновении нарушения порядка доставки пакетов в сети, в том числе для приложений вышестоящего уровня, где требуется лишь гарантированная доставка.

Формулируя требования по защите информации, регуляторы предписывают необходимость в управлении информационными потоками между информационными системами, в том числе в контроле сетевых соединений (приказ ФСТЭК от 15.02.2017 г. № 27), что сводит к

© Москвин А. А., 2022

минимуму применение транспортного протокола UDP (User Datagram Protocol, RFC 768).

Данные ограничения снимаются при применении протокола транспортного уровня SCTP (Stream Control Transmission Protocol – «протокол передачи с управлением потоком», RFC 4960).

В данной статье рассмотрено функциональное представление протокола SCTP, а также сделаны выводы о его применимости по формированию и управлению маскирующего обмена между корреспондентами ИС с точки зрения обеспечения своевременности информационного обмена в условиях применения злоумышленником средств технической компьютерной разведки.

Функциональное представление протокола SCTP

Протокол SCTP обеспечивает корреспондентам следующие типы сервиса:

– передача пользовательских данных с корректировкой ошибок, подтверждением доставки и отсутствием дубликатов;

– фрагментирование данных в соответствии с определенным для пути значением MTU (Maximum Transmission Unit; максимальная единица передачи);

– упорядоченная доставка пользовательских сообщений внутри множества потоков

– с возможностью управления порядком доставки отдельных пользовательских сообщений;

– возможность группировки пользовательских сообщений в один пакет SCTP;

– устойчивость к отказам на сетевом уровне за счёт поддержки многоадресных корреспондентов на обеих сторонах соединения.

Структура протокола SCTP, а также формирующие ее функции представлены на Рисунке.

Основными являются следующие этапы реализации протокола:

1. Создание (завершение) ассоциации. Ассоциация SCTP определяет протокольные отношения между корреспондентами SCTP. В процессе создания ассоциации задается число применяемых потоков (S), формируется список транспортных адресов (номер порта SCTP в комбинации с множеством адресов IP, формирующих сокет SCTP), которые корреспондент может использовать для связи и откуда она будет получать пакеты SCTP. Это обеспечивает устойчивость к отказам на сетевом уровне в случае поддержки многоадресности корреспондентами ассоциации.

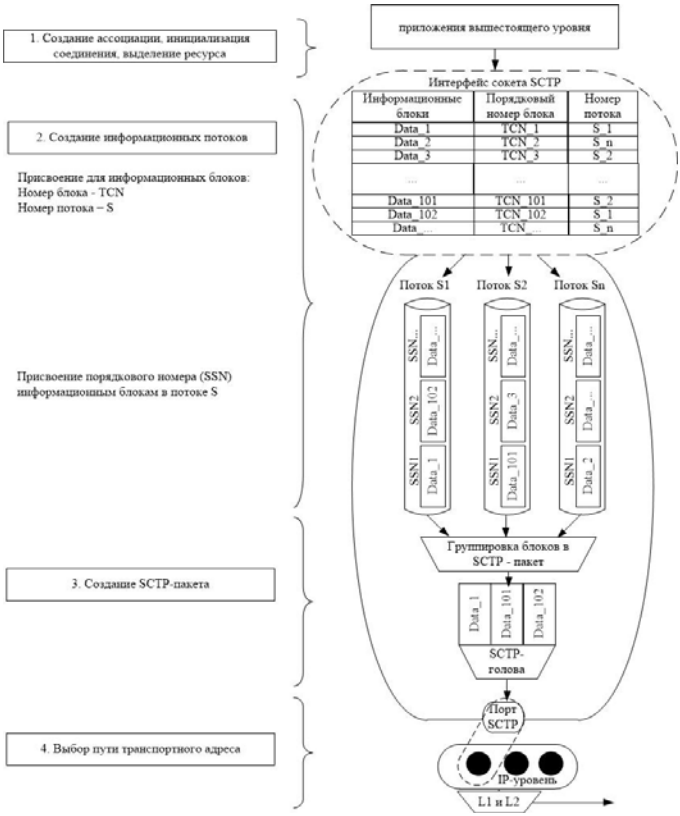


Рисунок. Структура протокола SCTP, а также формирующие ее функции

Многоадресное обращение к единому SCTP-сокету позволяет использовать вырабатываемый ресурс приложений вышестоящего уровня без разрыва сетевого соединения (ассоциации).

Это отличает SCTP-сокет от TCP-сокета, который каждый раз создается между парой взаимодействующих корреспондентов при создании новых процессов.

При создании ассоциации применяется четырехэтапный механизм согласования сетевого соединения («four-way handshake») со встроенными процедурами проверки служебной информации, что позволяет избежать компьютерных атак на синхронизацию соединения.

Протокол SCTP не поддерживает полуоткрытых состояний (как в TCP), когда одна сторона может передавать данные после того, как другая сторона уже закрыла соединение.

2. Создание информационных потоков. Единицей информации, передаваемой между корреспондентами ассоциации SCTP, является блок (chunk). Тип блока зависит от передаваемой в нем информации, и может подразделятся на блоки с пользовательскими данными (тип блока DATA), и служебные блоки для обеспечения корректной работоспособности протокола SCTP (блоки типа INIT, SACK, ABORT).

Каждому блоку пользовательских данных, поступающих из приложений вышестоящего уровня, присваиваются следующие порядковые номера:

– порядковый номер при передаче (TSN, имеет значение от 0 до 232-1), применяется для управления передачей сообщений и выявления их потери;

– номер используемого потока (S);

– порядковый номер в потоке S (SSN, имеет значение от 0 до 65535), используется для управления порядком доставки конечным точкам полученных данных.

Указанные механизмы нумерации являются независимыми, что позволяет доставлять на вышележащий уровень пользовательские данные даже при наличии пропусков в порядковых номерах TSN (т.е. пропущенный блок DATA относится к другому потоку). Блокировка одного потока, вызванного потерей SCTP-пакета (и как следствие вызова процедур повторного запроса на передачу в форме служебного блока SACK), никак не влияет на функционирование других потоков, что предоставляет возможность приложениям вышестоящего уровня, где порядок доставки сообщений не является критичным, своевременно обрабатывать полученные сообщения.

По запросу приложения вышестоящего уровня, блоки пользовательских данных могут быть отправлены в обход механизма упорядочивания и незамедлительно доставлены на вышестоящий уровень. Как правило, такие данные помещаются в начале очереди на отправку.

3. Формирование SCTP-пакета. Элементом данных, передаваемый от SCTP в нижележащий уровень, является SCTP-пакет. Он состоит из общего заголовка и одного или нескольких сгруппированных блоков, поступающих из различных потоков. Запрет на группировку информационных блоков может быть осуществлен по запросам приложений вышестоящего уровня.

В одном пакете SCTP может содержаться множество блоков, пока размер пакета не превысит значение MTU. Поскольку передаваемые блоки пользовательских данных определяются приложениями вышестоящего уровня и имеют переменный размер, то, в целях формирования пакетов с соответствующим MTU, SCTP применяет механизмы фрагментации блоков пользовательских сообщений. При этом каждому фрагменту присваивается уникальный номер TSN, но одинаковый номера SSN.

Протокол SCTP имеет функции контроля насыщения для обеспечения доставки данных за приемлемое время в условиях внешних воздействий на сеть, проявляющихся, например, в качестве неожиданных всплесков трафика. Контроль насыщения работает в SCTP на уровне ассоциаций, а не отдельных потоков в ассоциации.

Применение этих функций позволяет управлять скоростью передачи SCTP-пакетов, воздействуя на следующие переменные:

– размер окна приема (rwnd, в байтах), устанавливаемый получателем данных;

– окно контроля насыщения (cwnd, в байтах), устанавливаемый отправителем данных;

– порог замедленного старта (ssthresh, в байтах), используемый отправителем для выбора алгоритма контроля насыщения.

Известны способы удержания в двустороннем порядке сетевого соединения TCP посредством воздействия на окно приема, а также эмуляции наличия помех в канале связи [1]. Такие способы возможны и для SCTP.

4. Многоадресность. Корреспондент SCTP рассматривается как многоадресный, если может использовать множество транспортных адресов для отправки SCTP-пакета. При этом выбор основного пути определяется приложениями вышестоящего уровня.

SCTP использует процедуру выбора альтернативного адреса назначения (из множества транспортных адресов созданной ассоциации) в случае недоступности основного (например,

в случае его отказа).

Данный механизм позволяет поддерживать в активном состоянии критические сетевые соединения, например в условиях динамического управления сетевым адресным пространством [2-5], ввиду чего механизм «многоадресности» SCTP может быть рассмотрен как один из способов маскирования структуры информационной системы.

Описанные 4 этапа реализации протокола обуславливают возможность применения технологии многопоточной передачи данных

для обеспечения своевременности информационного обмена при применении методов проактивной защиты [6-16] вычислительных сетей.

Учитывая поддержку многоточности в протоколе SCTP, имея возможность воздействовать на определение потоков для поступающих блоков данных, группировки потоков в один SCTP-пакеты, а также способности влиять на скорость передачи пакетов, SCTP применим для модернизации известных способов защиты вычислительных сетей [17-24].

Учитывая поддержу многоадресности в протоколе SCTP, имея возможность воздействия на выбор основного пути (в том числе в автоматическом режиме), SCTP применим в качестве маскирования адресного пространства ИС при динамическом конфигурировании структурно-функциональных характеристик клиент-серверной вычислительной сети в условиях ведения технической компьютерной разведки.

Заключение

Рассмотренные функциональные возможности протокола транспортного уровня SCTP компенсируют ограничения протоколов TCP и UDP, которые непосредственно влияют на своевременность доставки сообщений получателю. Это достигается посредством применения механизмов «многопточности» и «многоадресности».

Указанные механизмы применимы в синтезе с существующими способами маскирования сетевых адресов корреспондентов и способами формирования маскирующего обмена между информационными системами. Вместе с этим возникает задача по созданию алгоритмов динамического управления потоками, реализуемым в протоколе транспортного уровня.

Маскирующий обмен формируется случайным образом, зависит от количества информационных потоков и количества транспортных адресов между корреспондентами, что добавляет избыточность в среду передачи данных. Ввиду этого возникает задача по разработке модели функционирования сети передачи данных с применением технологии многопоточной передачи данных для организации маскирующего обмена с соблюдением требований к своевременности информационного обмена конструктивными сообщениями.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, Д.Н. Орехов, С. П. Соколовский // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50-86.

2. Ворончихин, И. С. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин, Р. В. Максимов Р.В. , С. П. Соколовский // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6(34), – С. 92-99.

3. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Информатика и автоматизация. – 2020. – № 19 (5). – С. 1018-1044.

4. Иванов, И. И. Модель функционирования распределенных информационных систем при использовании маскированных каналов связи / И. И. Иванов // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 1. – С. 198-230.

5. Соколовский, С. П. Поиск новых технических решений по маскированию структуры вычислительных сетей на основе динамического конфигурирования их параметров / С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин, А. Д. Гритчин // Решетневские чтения : Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (Красноярск, 11–15 ноября 2019 г.). – Красноярск, 2019. – С. 447-448.

6. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 166-173.

7. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 1(72). – С. 181-187.

8. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. – № 3(60). – С. 151-155.

9. Максимов, Р.В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды

всеармейской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 г.). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 138-147.

10. Максимов, Р.В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 11–12 октября 2017 г.). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 147-154.

11. Соколовский, С. П. Концептуализация проблемы проактивной защиты интегрированных информационных систем / С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского : сб. тр. участников VIII Междунар. научно-практической конф. "Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского" (Краснодар, 20–21 декабря 2017 г.). – Краснодар, 2018. – С. 47–52.

12. Соколовский, С. П. Применение адаптивных нечетких систем в вопросах разработки средств выявления несанкционированных воздействий на информацию / С. П. Соколовский, Н. А. Усов // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 259-264.

13. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.] // Технические и технологические системы : материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17» (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117–121.

14. Душкин, А. В. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

15. Соколовский, С. П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2018 года / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2018. – С. 299-304.

16. Катунцев, С. Л. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский

// Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

17. Устройство поиска информации [Текст] : пат. 2219577 Российская Федерация : МПК G 06 F 17/40 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военный университет связи. – № 2002111059/09 ; заявл. 24.04.2002 ; опубл. 20.12.2003, Бюл. № 1. – 27 с.

18. Способ выбора безопасного маршрута в сети связи (варианты) : пат. 2331158 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/28 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2007103774/09 ; заявл. 31.01.2007 ; опубл. 10.08.2008, Бюл. № 22. – 34 с.

19. Способ сравнительной оценки структур информационно-вычислительной сети : пат. 2408928 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/20 H 04 L 12/28 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2009129726/08 ; заявл. 03.08.2009 ; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1 – 16 с.

20. Способ (варианты) и устройство (варианты) защиты канала связи вычислительной сети : пат. 2306599 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2006114272/09 ; заявл. 26.04.2006 ; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26 – 56 с.

21. Способ мониторинга безопасности автоматизированных систем : пат. 2355024 Российская Федерация : МПК G 06 F 15/00 G 06 F 17/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи. – № 2007105319/09 ; заявл. 12.02.2007 ; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13 – 15 с.

22. Способ защиты вычислительных сетей : пат. 2649789 Российская Федерация : МПК H 04 L 12/801 H 04 L 29/06 H 04 L 9/32 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2017125677 ; заявл. 17.07.2017 ; опубл. 04.04.2018, Бюл. № 10 – 25 с.

23. Способ защиты вычислительных сетей : пат. 2696330 Российская Федерация : МПК G 06 F 21/50 G 06 F 21/60 H 04 L 09/00 / Максимов Р. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Краснодарск. высш. воен. училище. – № 2018128075 ; заявл. 31.07.2018 ; опубл. 01.08.2019, Бюл. № 22 – 30 с.

24. Душкин, А. В. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / А. В. Душкин, В. Н. Похващев, С. П. Соколовский // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

Использование методов глубокого обучения для анализа изображений аэрокосмического мониторинга в интересах обнаружения элементов новизны на местности

Р. Р. Отырба, email: rostislav.otyrba.97@gmail.com
А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru
М. А. Дрюченко, email: m_dryuchenko@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *На основе методов глубокого обучения, разработано математическое и программное обеспечение в интересах создания системы для обнаружения изменений на аэрокосмических снимках городской, пригородной местности, акваторий и лесных насаждений. В результате исследования был подготовлен собственный набор данных, рассмотрены и сравнены различные модели свёрточных нейронных сетей, алгоритмы пост-обработки результатов сегментации, также был организован процесс получения и сшивки ранее отснятых снимков целевой области и процесс коррекции перспективы снимков с итоговым обнаружением изменений.*

Ключевые слова: *Обнаружение элементов новизны, глубокие нейронные сети, семантическая сегментация, сопоставление изображений.*

Введение

Обнаружение изменений – это аналитический процесс, целью которого является обнаружения новых или исчезнувших объектов на изображениях, зарегистрированных в разные моменты времени для одной и той же целевой области. Обнаружение изменений полезно и важно во многих сферах, например, для анализа последствий катастроф, планирования развития городских территорий, обнаружения незаконной вырубки или построек и т.д. [1].

Классический ручной поиск элементов новизны выполняется с использованием инструментальных методов при непосредственном участии оператора-интерпретатора изображений, что является трудоёмким и неточным процессом при частых изменениях.

Известных алгоритмических и программных решений, касающуюся обнаружения изменений на местности, существует не так много. В основном, эти методы слишком сильно полагаются на геопространственную информацию. Более того, они также ограничены

© Отырба Р. Р., Сирота А. А., Дрюченко М. А., 2022

геометрическими аспектами, такими как: одинаковой ориентацией, масштабом, координатами и калибровкой камеры. Дополнительно, исследования, направленные на обнаружение изменений в городской и пригородной среде ограничены конкретными топографическими объектами, чаще всего зданиями, и не учитывают другие значимые объекты для мониторинга.

Поскольку на практике анализируемые изображения содержат огромное количество тематической информации разного характера, создание многофункциональной системы обнаружения элементов новизны является важной задачей. Целью данного исследования является разработка математического и программного обеспечения в интересах создания системы аэрокосмического мониторинга изменений на местности с использованием методов глубокого обучения.

1. Предлагаемый алгоритм функционирования системы

1. На вход подаётся изображение местности, которое анализируется на предмет содержания возможных изменений.
2. Выполняется предобработка изображения (сопоставление гистограммы изображений и нарезка снимка на фрагменты)
3. Производится циклическая сегментация нарезанных фрагментов ранее обученной глубокой нейронной сетью и обратная их сшивка.
4. Результирующее сегментированное изображение подвергается пост-обработке (очистка от шума, упрощение геометрии и т. п.).
5. Подбирается ранее отснятое изображение (снимок) этой местности и формируется соответствующая бинарная маска с целевой областью с использованием GPS метаданных.
6. Далее снимок и маска сшивается с ближайшими по координатам снимками.
7. Выполняется коррекция перспективы нового снимка по отношению к полученному ранее отснятому снимку, посредством вычисления и использования матрицы гомографии.
8. Выполняется вычисление разности двух бинарных масок, фильтрация шумов и отображение непосредственно изменений.

2. Подготовка набора данных для обучения нейронных сетей

Для реализации поставленной цели был создан собственный набор данных, посредством ручной разметки снимков высокого разрешения (6792x4800) Google Earth Pro в онлайн сервисе CVAT.

Для обучения сети была произведена нарезка снимков на фрагменты размером 512x512 с перекрытием на 100 пикселей для учёта контекста. Итоговый состав набора данных следующий:

– Здания и дороги: 10 снимков (~2000 фрагментов);

– Деревья и вода: 5 снимков (~1000 фрагментов).

Примеры размеченных данных представлены на рис.1.

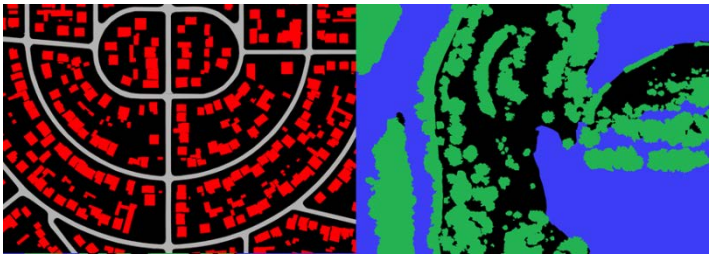


Рис. 1. Примеры размеченных снимков

Для лучшего качества обучения, была применена аугментация, которая происходит на лету во время обучения, это: горизонтальные и вертикальные отражения, случайные повороты на 90 градусов, масштабирование с случайными поворотами, уменьшение контрастности (от 5% до 20%), изменение цветового тона и насыщенности (до 20 %).

Для корректного обучения растровые данные были нормализованы к диапазону от 0-1, а к размеченным данным было применено One-Hot кодирование. Все данные были разделены на обучающие и проверочные выборки (90% и 10% данных соответственно).

3. Обучение нейронных сетей

В качестве моделей нейронных сетей были рассмотрены 10 свёрточных нейронных сетей, а также условная генеративно-состязательная сеть pix2pix [2]. После нахождения наилучшей модели, рассматривались такие кодирующие сети, извлекающие признаки как: VGG19, ResNet (101v2 и 152v2), DenseNet201 и EfficientNet (B3, B5 и B7). Нейронные сети, как уже упоминалось, использовались для сегментации анализируемых топографических объектов на целевых изображениях, что позволило использовать результирующую бинарную маску для качественного сопоставления свежего и ранее отснятого снимка, а также проводить коррекцию перспективы и последующей разности бинарных масок снимков для непосредственного выявления изменений на местности.

В качестве оптимизатора был выбран Момент Нестерова, который в отличие от адаптивных оптимизаторов, не так сильно переобучается, хорош в обобщающих способностях и поиске плоских локальных минимумов высокого качества, однако требует тщательной настройки скорости обучения [3].

Дополнительно, чтобы избежать увязания в процессе обучения, была реализована схема отжига скорости обучения (формула 1), где максимальная скорость равна 0.2, а минимальная 0.

$$\eta_t = \eta_{\min}^i + \frac{1}{2}(\eta_{\max}^i - \eta_{\min}^i) \cdot (1 + \cos(\frac{T_{cur}}{T_i}\pi)); \quad (1)$$

где $\eta_{\min}$ – минимальная скорость обучения, $\eta_{\max}$ – максимальная скорость обучения, T_{cur} – количество выполненных эпох.

В качестве метрики используется средняя взвешенная степень пересечения изображений:

$$IoU = \frac{1}{N} \cdot \sum_{c=0}^{C} \omega(c) \cdot \frac{I(c)}{U(c)} \quad (2)$$

где $w(c)$ – весовой коэффициент класса, $I(c)$ – область пересечения, $U(c)$ – область объединения.

В качестве функции ошибки была использована комбинация взвешенной функции Дайса и Фокальной ошибки (формула 3), где функция Дайса – степень соответствия между предсказанием и полученным результатом (формула 4), а фокальная ошибка – это модификация кросс-энтропии, занижающий вклад преобладающего класса и фокусируется на более сложных примерах (формула 5).

$$L = L_{Dice} + \lambda L_{Focal} \quad (3)$$

$$L_{Dice} = 1 - \frac{1}{N} \cdot \sum_{c=0}^{C} \omega(c) \frac{(1+\beta) + TP_p(c)}{(1+\beta) \cdot TP_p(c) + \beta^2 \cdot FN_p(c) + FP_p(c)} \quad (4)$$

$$L_{Focal} = -\frac{1}{N} \sum_{c=0}^{C} \sum_{n=1}^{N} g_n(c) \cdot (1 - p_n(c))^2 \cdot \log(p_n(c)) \quad (5)$$

где λ – компромисс между функциями (0.5), TP – положительный класс распознанный как положительный, FN – отрицательный класс распознанный как отрицательный, FP – отрицательный класс распознанный как положительный.

Результаты обучений нейронных сетей на проверочных данных после 200 эпох обучения представлены в таблице 1. Для всех двух наборов данных самыми лучшими оказались архитектуры DeepLabV3+ и OCRNet с кодирующей сетью DenseNet201. Было решено использовать две модели как ансамбль, так как в результате экспериментов оказалось, что, они хорошо дополняют друг друга.

Таблица 1

Результаты на наборе данных «Здания и дороги»

Модель	Loss	IoU
FCN (DenseNet201)	0.29930	0.8208
U-Net (Classic)	0.37015	0.6571
SegNet (Classic)	0.35474	0.6680
PSPNet (DenseNet201)	0.35753	0.6565
FPN (DenseNet201)	0.31262	0.7527
DANet (DenseNet201)	0.29077	0.7636
OCRNet (DenseNet201)	**0.21951**	**0.8806**
ACFNet (DenseNet201)	0.27441	0.8010
DeepLabV3+ (DenseNet201)	0.22694	0.8582
Pix2Pix	0.27461	0.7621

Таблица 2

Результаты на наборе данных «Растительность и вода»

Модель	Loss	IoU
DeepLabV3+ (DenseNet201)	0.30472	0.7576
OCRNet (DenseNet201)	**0.29729**	**0.7789**
Pix2Pix	0.31861	0.7458

4. Постобработка результатов сегментации и коррекция перспективы

Результаты сегментирующих сетей необходимо обработать, так как часто они содержат шум и нечёткость. Для этого были рассмотрены следующие алгоритмы пост-обработки результирующей сегментации:

- Плотные условные случайные поля (Dense CRF);
- Рекуррентные условные случайные поля (RNN-CRF);
- Сегментационная модель рафинирования CascadePSP [4].

Для устранения незначительных артефактов после пост-обработки была дополнительно реализована следующая ручная обработка:

1. Метод пороговой обработки (метод Оцу);
2. Медианная фильтрация;
3. Поиск контуров и очистка от лишних объектов;
4. Морфологические операции (реконструкция, открытие, закрытие);
5. Модифицированный алгоритм упрощения геометрии Дугласа-Пекера, сохраняющий топологию объекта;
6. Медианная фильтрация в цикле.

В результате экспериментов, использование ансамбля моделей DeepLabV3+ и OCRNet в сочетании с сегментационной моделью пост-обработки CascadePSP и ручной обработки, дал наилучший прирост к общему качеству сегментации по показателю IoU: с 0.9163 до 0.9301.

Для получения ранее отснятого снимка целевой области использовались GPS метаданные снимков, с помощью которых находится наиболее кратчайшее расстояние до координаты целевой области, посредством вычисления геодезического расстояния, в которой используется эллипсоидальная модель Земли WGS-84. Когда ближайший ранее отснятый снимок найден, происходит сшивка вокруг его области, в том числе сшивка соответствующих масок, с помощью алгоритма масштабно-инвариантной трансформации признаков SIFT.

Для коррекции перспективы нового снимка по отношению к полученному ранее снимку производится расчёт матрицы гомографии, которая в процессе расчёта использует лучшие совпадения по ключевым признакам. Для их нахождения рассматривались:

2. Алгоритмы выявления локальных признаков изображения: SIFT, AKAZE, ORB;
3. Методы сопоставления признаков. Рассматривались два варианта: Brute-Force Matcher с перекрёстной проверкой и FLANN Based Matcher с тестом соотношения Дэвида Лоу [5];
4. Методы вычисления расстояния между дескрипторами: расстояние Хэмминга или L2 норма;
5. Методы вычисления гомографии: RANSAC, LMEDS, RHO.

Для нахождение наилучшего алгоритма, был произведён эксперимент на проверку стабильности данных алгоритмов на 5 парах снимков, зарегистрированных в разные моменты времени, при различных сочетаниях таких факторов как: шум и яркость, масштаб, угол. В результате, SIFT алгоритм в сочетании с FLANN и методом вычисления гомографии RHO оказался наиболее стабильным алгоритмом, показав самое хорошее количество удачных совпадений при разных факторах, поэтому, в итоге, выбор пал именно на него.

5. Демонстрация работы разработанной системы

На рис. 3 в центре представлен входной свежий снимок, к которому с помощью GPS метаданных подобран один из наиближайших ранее отснятых снимков с целевой областью (снимок с зелёной границей), который далее сшивается с ближайшими к нему остальными снимками. Для свежего снимка далее производится сопоставление гистограмм по яркости и цветовой насыщенности, для лучшей сегментации и дальнейшего сопоставления снимков. После этого производится сегментация и пост-обработка отдельно для топографических объектов.

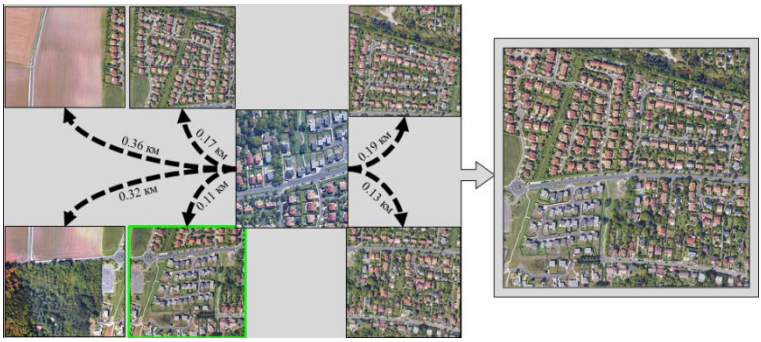


Рис. 2. Процесс сшивки целевой области

В финальном этапе производится коррекция перспективы, разность двух бинарных масок, фильтрация шумов (рис. 3) и отображение изменений на исходный снимок (рис. 4).

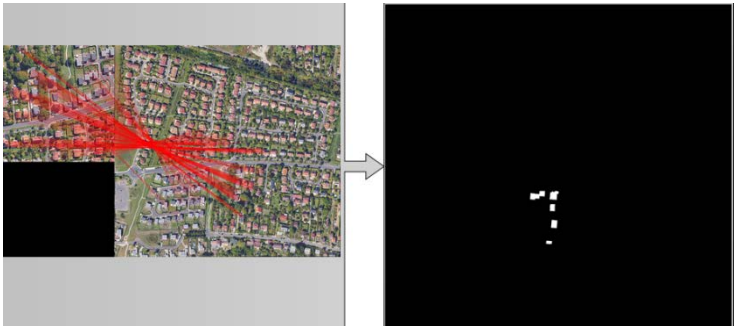


Рис. 3. Результат сопоставления и разницы двух масок



Рис. 4. Обнаруженные изменения

Заключение

Данная статья посвящена разработке математического и программного обеспечения системы для мониторинга элементов новизны на местности. В результате был подготовлен собственный набор данных, модели глубоких нейронных сетей, организована пост-обработка, получение и обработка ранее отснятого снимка и процесс коррекции перспективы с итоговым обнаружением изменений.

Список литературы

1. Zhang, C. Detecting large-scale urban land cover changes from very high resolution remote sensing images using CNN-based classification / C. Zhang, S. Wei, S. Ji // ISPRS International Journal of Geo-Information – 2019. – Т. 8. – № 4. – С. 189.

2. Isola, P. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks / P. Isola [et al] // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2017. – P. 5967–5976.

3. Wilson, A. The marginal value of adaptive gradient methods in machine learning / A. Wilson, R. Roelofs, M. Stern, N Srebro, B Recht // In Advances in Neural Information Processing Systems – 2017. – С. 4148–4158.

4. Ho, C. CascadePSP: Toward Class-Agnostic and Very High-Resolution Segmentation via Global and Local Refinement / C., Ho, C. Jihoon, T. Yu-Wing, T. Chi-Keung // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – 2020. – С. 8890–8899.

5. Lowe, D. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints / D. Lowe // International Journal of Computer Vision – 2004. – Т. 60. – № 2. – С. 91–110.

Обработка больших данных при распознавании объектов по их акустическому сигналу

С. М. Пилипенко, e-mail: cofiyapilipenko1998-2013@inbox.ru [1]
В. И. Лютин, e-mail: lyutin_v_i@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина

Аннотация. *В работе на основе теории различения статистических гипотез синтезирован алгоритм обработки данных при распознавании объектов по спектру их акустического шума. Рассчитаны характеристики распознавания объектов, по которым определены требования к точности измерения мощностей акустического излучения в различных частотных полосах.*

Ключевые слова: *теория различения гипотез, достаточная статистика, распознавание сигналов, спектр акустического сигнала.*

Введение

Одним из демаскирующих факторов подвижных объектов является их собственный шум, возникающий при движении. Примером использования шума от движущихся объектов является самонаводящийся боеприпас типа «Bat», разработанный в США [1]. Обнаружение и классификация объектов по их акустическому шуму относится к пассивным способам, не вскрывающим факта наблюдения объекта и допускающим применение независимо от времени суток.

В связи с этим актуальным становится установление принципов распознавания объектов по их акустическому шуму. С учётом недостаточности сведений о принципах действия акустических датчиков решение задачи проводилось с применением принципа «синтеза за противника» [2]. При этом алгоритм и структура устройства ищутся с применением вероятностно-статистических методов, предельно исключающих влияние субъективных факторов на технические решения [3].

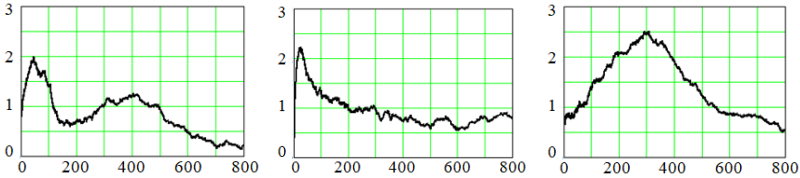
Цель работы – синтез алгоритма и анализ качества распознавания объектов по результатам анализа их акустических шумов.

© Пилипенко С. М., Лютин В. И., 2022

1. Постановка задачи

В системах обнаружения и различения (распознавания) объектов требуется высокая скорость принятия решений, поэтому должны применяться элементы искусственного интеллекта, осуществляющего сопоставление поступающих данных с образцами ожидаемых. В связи с этим требуется подготовка образцов для сравнения, что приводит к необходимости решения задач предварительной подготовки эталонов для сравнения и синтеза оптимального алгоритма автоматической системы принятия решений о наблюдаемом объекте.

На рис. 1 показаны результаты расчётов спектров акустических сигналов по результатам наблюдения трёх различных шумящих объектов.



а б в

а – трактор, б – грузовой автомобиль, в – мотоцикл

Рис. 1. Спектры акустических сигналов

Как видно на рис. 1, а спектр имеет два выраженных подъёма вблизи частот 50 Гц и 400 Гц, на рис. 1, б – подъём вблизи частоты 25 Гц и спад с увеличением частоты, на рис 1,в – подъём вблизи частоты 300 Гц и спад, как с повышением частоты, так и с её понижением. Для частот свыше 800 Гц частотные спектры акустических шумов представленных объектов практически равномерны, не имеют заметных подъёмов, то есть, практически неразличимы. Каждый из спектров является акустическим портретом отдельного объекта или группы объектов, и отличие акустических спектров указывает на принципиальную возможность различения или распознавания объектов.

Сформированные спектры акустических сигналов от типовых объектов являются эталонными, с ними сравниваются спектры наблюдаемых объектов.

Для формирования эталонных спектров и проведения наблюдения акустических шумов объектов целесообразно определить относительные уровни мощности излучения в заранее выделенных полосах частот, например, выделить три октавных полосы частот 0...200 Гц, 200...400 Гц, 400...800 Гц, в которых определить относительные уровни мощности для выбранных объектов.

Один из возможных вариантов структурной схемы устройства измерения относительных уровней мощностей изображён на рис. 2. Сигнал от направленного микрофона M разделяется в электрических фильтрах на выделенные полосы частот. Для преобразования напряжений с выходов фильтров сигналы подаются на квадратичные детекторы КД (возводятся в квадрат) и затем в фильтрах нижних частот ФНЧ интегрируются. Полоса пропускания ФНЧ выбирается не более $f_{\min}$ =5…7 Гц, чтобы охватить инфразвуковые колебания.

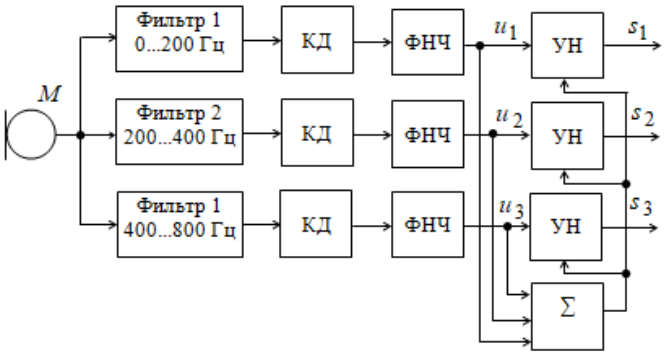


Рис. 2. Устройство измерения относительных мощностей

Результаты интегрирования u_1, u_2, u_3 в устройствах нормировки УН делятся на сумму $u_1+u_2+u_3$, таким образом, что на выходах получаются сигналы s_1, s_2, s_3, пропорциональные нормированным или относительным уровням мощности в выбранных полосах частот. Рассмотренное устройство допускает цифровую реализацию.

Для спектров на рис. 1 результаты вычисления относительных мощностей в выше названных полосах частот приведены в табл. 3.

Таблица 1

Относительные мощности в выделенных полосах частот

№, полоса / № объекта	1	2	3
	0...200 Гц	200...400 Гц	400...800 Гц
1	0,30	0,20	0,50
2	0,40	0,30	0,30
3	0,20	0,50	0,40
0 (фон)	0,25	0,25	0,50

Объект с номером «0» с относительными мощностями, пропорциональными полосе выделенных частот, соответствует наблюдению фона, когда нет интересующих объектов.

Таким образом, величины относительных мощностей в выделенных полосах частот являются эталонными значениями для распознавания объектов. Число распознаваемых объектов может быть и больше, если предварительно провести их акустические исследования.

Решаемая задача относится к обработке больших данных, так как необходимо вести непрерывное наблюдение за окружающей обстановкой и осуществлять запись результатов наблюдения [4].

2. Синтез алгоритма

Анализ спектров акустических сигналов от I различных объектов, показывает, что для их распознавания достаточно для нескольких частотных полос J определить в качестве эталонов уровни s_{ji} относительной мощности.

Наблюдение распознаваемого объекта выполнятся устройством, структура которого приведена на рис. 1, и представляющим собой анализатор спектра акустического сигнала. При выполнении непрерывного наблюдения за заданной областью пространства, в которой может появиться один из распознаваемых объектов, выходные сигналы анализатора спектра y_j, $j=\overline{1,J}$ должны быть продискретизированы по времени с интервалом интегрирования $\Delta t \ge 1/f_{\min}$, так что на выходах устройства будут действовать последовательности отсчётов y_{jk}, $j=\overline{1,J}$, $k=1,2,\ldots$, где k – номер шага наблюдения. При этом решение о результатах наблюдения будет выноситься на каждом шаге наблюдения.

Для распознавания одного из $I+1$ объектов, включая фон, для каждого шага наблюдения построим гипотезы H_{ik}, $i=\overline{0,I}$, $k=1,2,\ldots$ о том, что очередное наблюдение соответствует одному из $I+1$ объектов.

Формируемое наблюдение векторное $\vec{Y}=\left\{y_{jk},\ j=\overline{1,J},\ k=1,2,\ldots\right\}$. Каждый компонент вектора при справедливости гипотезы H_{ik}, $i=\overline{0,I}$, $k=1,2,\ldots$ равен [3]

$$y_{jk}=s_{ji}+n_{jk},\ j=\overline{1,J},\ i=\overline{0,I},\ k=1,2,\ldots, \qquad (1)$$

где s_{ji} – значения относительных мощностей в каждой из частотных полос, n_{jk} – ошибки измерения, вызванные как собственными, так и внешними шумами.

Несовпадение наблюдаемых уровней сигналов с заданными в памяти обусловлено многими причинами, поэтому ошибки измерения n_{jk} являются помехой и считаются нормальными с нулевым математическим ожиданием и с дисперсией σ^2

$$w\left(n_{jk}\right)=\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{-1}\exp\left\{-\left(n_{jk}\right)^2\Big/\left(2\sigma^2\right)\right\}. \qquad (2)$$

Требуется определить, какой из гипотез соответствуют наблюдаемые данные.

Критерий принятия решения о наблюдении объекта, соответствующего гипотезе $H_{ik}, i=\overline{0,I}, k=1,2,\ldots,$ – максимум апостериорной вероятности проверяемой гипотезы.

Условные (обратные) вероятности гипотез при получении векторного наблюдения $\vec{Y}$ определяются по формуле Байеса [5]

$$P\left(H_{ik}\middle|\vec{Y}\right)=P_i\cdot P\left(\vec{Y}\middle|H_{ik}\right)\Big/\sum_{r=0}^{I}P_r\cdot P\left(\vec{Y}\middle|H_{rk}\right), \qquad (3)$$

где P_i – априорные вероятности гипотез, $P\left(H_{ik}\middle|\vec{Y}\right)$ – апостериорные вероятности наблюдений $\vec{Y}$ при гипотезе $H_{ik}, i=\overline{0,I}$ на k-ом шаге наблюдения.

Так как знаменатель для всех гипотез в (3) одинаков, то при равенстве априорных вероятностей гипотез $P\left(H_i\right)=1/I$, переходе к плотностям распределения вероятностей $dP\left(\vec{Y}\middle|H_{ik}\right)=w\left(\vec{Y}\middle|H_{ik}\right)\cdot d\vec{Y}$ и введении постоянной нормировки $C_k^{-1}=\sum_{r=0}^{I}w\left(\vec{Y}\middle|H_{rk}\right)$, получим:

$$P\left(H_{ik}\middle|\vec{Y}\right)=C_k\cdot w\left(\vec{Y}\middle|H_{ik}\right). \qquad (4)$$

Для применения критерия максимума апостериорной вероятности необходимо определить условную плотность распределения вероятностей векторного наблюдения для каждой из гипотез.

Определим из (1) ошибку измерения мощности шумов $n_{jk}=y_{ji}-s_{jk}, j=\overline{1,J}, i=\overline{0,I}, k=1,2,\ldots$ и подставим в (3):

$$w\left(y_{ji}\left|s_{jk}\right.\right)=\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{-1}\exp\left\{-\left(y_{ji}-s_{jk}\right)^2\Big/\left(2\sigma^2\right)\right\}. \quad (5)$$

При ортогональных и статистически независимых эталонах, а также для независимых шумовых выборок (ошибок измерения мощности излучения) n_{jk} $j=\overline{1,J}$ плотность распределения вероятностей равна [5]

$$w\left(\vec{Y}\left|H_{ik}\right.\right)=\prod_{j=1}^{J}w\left(y_{ji}\left|s_{jk}\right.\right)=\frac{1}{\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{J}}\exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{j=1}^{J}\left(y_{jk}-s_{ji}\right)^2\right\}. \quad (6)$$

Сумма квадратов разностей поступивших данных с ожидаемыми эталонными значениями представляет собой случайное число и в теории различения гипотез называется достаточной статистикой, так как оно содержит все сведения о поступивших данных [3]:

$$\xi_{ik}=\sum_{j=1}^{J}\left(y_{jk}-s_{ji}\right)^2,\ i=\overline{0,I}. \quad (7)$$

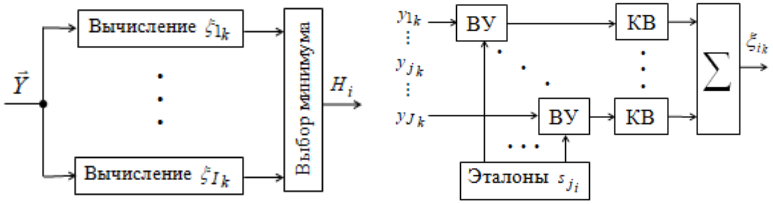
Максимизация апостериорной вероятности гипотезы соответствует минимизации достаточной статистики [3]. Это даёт основание записать алгоритм принятия решения о наблюдаемом объекте в виде

$$H_{ik}:\quad i=\min_{i}\sum_{j=1}^{J}\left(y_{jk}-s_{ji}\right)^2,\ i=\overline{0,I}. \quad (8)$$

Достаточная статистика в рассматриваемом случае есть дисперсия отклонения поступивших данных от ожидаемых значений по различным гипотезам. Решение принимается в пользу того объекта, для которого среднеквадратическое отклонение наблюдения от эталона имеет минимальное значение.

На рис. 3 показаны структурные схемы устройств принятия решений (а) и вычисления достаточной статистики (б).

Для вычисления достаточной статистики (рис. 3,а) поступившие на очередном шаге наблюдения данные поступают в вычитающие устройства (ВУ), где из них вычитаются эталонные значения относительных мощностей по проверяемой гипотезе, разности в квадраторах (КВ) возводятся в квадрат, в сумматоре квадраты складываются.



а б

Рис. 3. Структурные схемы устройств принятия решений (а) и вычисления достаточной статистики (б)

3. Анализ качества распознавания объектов

Результат наблюдения акустического излучения в различных участках частотного диапазона представляет собой сигнал, который надо сравнить со многими образцами сигналов с целью выяснения, к какому из эталонов он ближе.

При допущении, что эталонные сигналы ортогональны и имеют одинаковую энергию, задача анализа качества распознавания объектов решается как распознавание многих ортогональных равновероятных сигналов, имеющих одинаковую энергию [6]. Тогда вероятность правильного определения гипотезы о типе объекта равна

$$P_{прав}(i) = \frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{1}{2} + \Phi_0\left(\sqrt{q(i)} + z\right) \right]^I \cdot \exp\left\{-z^2/2\right\} \cdot dz \,, \qquad (9)$$

где $\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi}} \int_0^z \exp\left\{-t^2/2\right\} \cdot dt$ – нормированная функция ошибок [4], $q(i) = \frac{1}{2\cdot\sigma^2} \sum_{j=1}^{J} \left(s_{ji}\right)^2$ $i = \overline{0, I}$ – параметр различения проверяемой гипотезы.

По формуле (9) для четырёх значений числа распознаваемых объектов I =2, 4, 8, 16 рассчитаны характеристики распознавания объектов, представляющие собой зависимости правильного решения о распознаваемом объекте от параметра различения проверяемой гипотезы. Графики характеристик распознавания объектов приведены на рис. 4.

Реально число распознаваемых объектов не будет более 10-ти. Тогда вероятность правильного распознавания более, чем 0,9, имеет место при параметре различения не меньшем 10-ти.

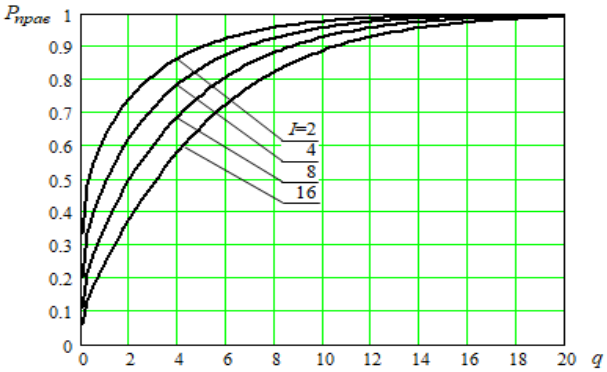


Рис. 4. Характеристики распознавания объектов

Пусть среднеквадратическое значение относительных мощностей в выделенных полосах частот равно обратной величине от числа частотных полос:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^{J}\left(s_{ji}\right)^2}=\frac{1}{J}\quad i=\overline{0,I}\,, \tag{10}$$

Следовательно, предельно допустимое среднеквадратическое отклонение помехи равно

$$\sigma=\frac{1}{J\sqrt{2\cdot q(i)}}=\frac{1}{J\sqrt{20}}\approx 0.223\frac{1}{J}\,. \tag{11}$$

Отсюда следует, что для обеспечения вероятности правильного распознавания объектов не менее 0,9 при числе распознаваемых объектов не более 10 точность измерения относительных мощностей в выделенных полосах частот при 3-х частотных полосах должна быть не хуже 0.223/3*100%=7,0%.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе синтезированы алгоритм и структурная схема устройства распознавания объектов по спектру их акустического шума. Получены аналитические соотношения для анализа качества распознавания объектов, с применением которых рассчитаны и построены характеристики распознавания объектов, с помощью которых определяются требования к точности измерения относительных мощностей акустических сигналов в выделенных частотных полосах для обеспечения требуемого качества распознавания объектов.

Список литературы

1. Валецкий, О. В. Оружие современных войн : боеприпасы, системы управляемого вооружения и меры противодействия их применению / О. В. Валецкий; Центр стратегической конъюнктуры. – Пушкино : Центр стратегической конъюнктуры, 2015. – 264 с.

2. Юхно, П. М. Преднамеренные оптические помехи высокоточному оружию / П. М. Юхно; ISBN 978-5-93108-149-6. – Издательство: Радиотехника, 2017. – 640 с.

3. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Г. Ван Трис ; М. : Советское радио, 1972. – Т. 1. – 742 с.

4. Просто о больших данных / Гурвиц Джудит [и др.]: [перевод с английского]. – Москва : Эксмо, 2015. – 400 с.

5. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.

6. Гуткин, Л. С. Теория оптимальных методов радиоприёма при флуктуационных помехах / Л. С. Гуткин. – М. : Советское радио, 1972. – 448 с.

Обнаружение брутфорс-атак в протоколе удалённого доступа SSH методами анализа сетевого трафика

П. В. Пилькевич, email: pavel.piksel2012@mail.ru
В. И. Луцышен, email: valutsishen@mail.ru

Севастопольский государственный университет, институт «Радиоэлектроника и информационная безопасность», кафедра «Информационная безопасность»

Аннотация. *Предложенный подход позволяет обнаружить факт проведения брутфорс-атаки на протокол удалённого доступа методами анализа сетевого трафика и поиска ключевых пакетов в нём. Определены особенности сетевого трафика, характерные для протокола SSH.*

Ключевые слова: *протоколы удалённого доступа, протокол SSH, брутфорс-атаки, анализ сетевого трафика.*

Введение

В условиях повсеместной цифровизации общества первостепенное значение приобретает защита информации с целью предотвращения несанкционированного доступа к данным. Одним из самых широко используемых методов авторизации является использование ключевой пары логин/пароль.

Наиболее популярным методом взлома логина/пароля является подбор учетных данных путем поочередного перебора возможных комбинаций (Brute Force). Данный метод отличается своей простотой и лёгкостью в исполнении, не требует особых профессиональных навыков и подготовки. Целью данного исследования является определение сигнатуры брутфорс-атаки путем анализа участка трафика с целью выработки эффективных мер противодействия.

1. Основная часть

Компьютерная атака – это целенаправленное несанкционированное воздействие на информацию, на ресурс автоматизированной информационной системы или получение несанкционированного доступа к ним с применением программных или программно-аппаратных средств [2].

Полный перебор (или метод «грубой силы», англ. brute force) является одним из самых известных методов взлома учётных записей пользователей. Согласно математическим законам, любая задача может

© Пилькевич П. В., Луцышен В. И., 2022

быть решена методом полного перебора. Сформировалось несколько способов формирования списка паролей. Основными являются подбор по заранее подготовленным спискам, либо путём прямой генерации паролей по указанному шаблону (длина пароля, возможные символы, разнообразие символов).

Протокол передачи данных – набор соглашений интерфейса логического уровня, которые определяют обмен данными между различными программами [4]. В проведённом исследовании использовался протокол SSH – этот сетевой протокол прикладного уровня позволяет производить удалённое подключение к устройствам и туннелировать трафик. Основные преимущества используемого протокола:

– использование множества видов ассиметричного шифрования, применяемого во время передачи данных протоколом;

– неограниченный размер передаваемой информации во время удалённого подключения;

– благодаря высокой безопасности протокола с его помощью можно так же безопасно использовать любой другой сетевой протокол;

– операции протокола можно подробно изучить методами анализа сетевого трафика и системных логов.

Преимущества протокола SSH позволяют безопасно передавать информацию между двумя удалёнными хостами так, чтобы подменить или расшифровать поток данных злоумышленнику было практически невозможно. Это порождает крупную угрозу – если злоумышленник каким-то образом получает доступ к удалённому соединению по SSH, его действия будет так же трудно определить и пресечь инциденты информационной безопасности [1].

Одним из наиболее распространённых методов получения злоумышленником доступа к удалённому протоколу SSH является атака перебора учётных данных грубой силой (Brute Force). Зачастую, это связано с низкой сложностью паролей, выбираемых пользователями, что и приводит к несанкционированному доступу со стороны злоумышленника. Подобные атаки можно пресекать, анализируя сетевой трафик информационной системы [3].

Для проведения эксперимента требуется эмулировать брутфорс-атаку на протокол SSH. Для этого используется программное обеспечение с открытым кодом для перебора паролей Hydra. Это обусловлено популярностью используемого ПО и возможностями многопоточного перебора, что позволяет увеличивать эффективность перебора.

Для отслеживания и анализа сетевого трафика использовалась программа-анализатор сетевого трафика Wireshark.

2. Эксперимент

В процессе эксперимента проводилось два типа атак – брутфорс-атака, в ходе которой верные учётные данные были обнаружены и атака, в процессе которой не удалось подобрать корректные ключи. В сети находится сервер, на котором доступно удалённое подключение по протоколу SSH (10.0.2.5) и атакующее устройство (10.0.2.4). Результаты отражены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Участок сетевого трафика при вводе неверных учётных данных

№	Время	Отправитель	Получатель	Протокол	Длина	Информация
1	5,147852	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	118	Client: Encrypted packet (len=52)
2	5,148243	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38500
3	5,148243	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	118	Server: Encrypted packet (len=52)
4	5,148322	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	134	Client: Encrypted packet (len=68)
5	5,148718	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38500
6	5,157699	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	118	Server: Encrypted packet (len=52)
7	5,157776	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	150	Client: Encrypted packet (len=84)
8	5,158043	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38500
9	7,405725	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	118	Server: Encrypted packet
10	7,408426	10.0.2.4	10.0.2.5	TCP	66	38500 > 22

Таблица 2

Участок сетевого трафика при вводе верных учётных данных

№	Время	Отправитель	Получатель	Протокол	Длина	Информация
1	0,282607	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	118	Client: Encrypted packet (len=52)
2	0,282834	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38504
3	0,282834	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	118	Server: Encrypted packet (len=52)
4	0,282964	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	134	Client: Encrypted packet (len=68)
5	0,283172	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38504
6	0,292138	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	118	Server: Encrypted packet (len=52)
7	0,29230	10.0.2.4	10.0.2.5	SSHv2	150	Client: Encrypted packet (len=84)
8	0,29248	10.0.2.5	10.0.2.4	TCP	66	22 > 38504
9	0,302086	10.0.2.5	10.0.2.4	SSHv2	102	Server: Encrypted packet
10	0,319547	10.0.2.4	10.0.2.5	TCP	66	38504 > 22

В результате следует обратить внимание на пакеты, содержащие в себе ответ сервера на введённые данные и находящиеся под номером 9 в обоих таблицах. Таким образом, при введении верных учётных данных ответ от сервера будет содержать TCP-нагрузку длиной 36 бит, а при отправке неверных учётных данных 52 бита, что позволяет отследить факт обнаружения злоумышленниками верных учётных данных.

Заключение

В результате проведенного исследования найдена модель обнаружения факта успешного подбора учётных данных с помощью исследования сетевого зашифрованного трафика, вследствие чего в дальнейшем планируется разработать модуль для использования в системе обнаружения вторжений, направленный на обнаружение брутфорс-атак и исследования их результатов.

Список литературы

1. Анзина, А. В. Исследование аутентификации в протоколе SSH / А. В. Анзина, А. Д. Медведева, М. А. Лапина // Студенческая наука для развития информационного общества: Сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции, Ставрополь, 19–21 декабря 2018 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2019. – С. 224-232.

2. ГОСТ Р 51275-2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию [Текст]. – Введ. 2008-02-01. – Взамен ГОСТ Р 51275-99: введ. 2000-01-01.

3. Жура, В. С. Применение технологий искусственного интеллекта в информационной безопасности / В. С. Жура // Мировые научные исследования и разработки в эпоху цифровизации : сборник статей XV Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25 ноября 2021 года. – Ростов-на-Дону: Южный университет (ИУБиП), 2021. – С. 163-164.

4. Мешкова, Е. В. Обеспечение безопасности протокола SSH: шифрование, аутентификация сервера, аутентификация клиента / Е. В. Мешкова, Е. В. Митрошина // E-Scio. – 2017. – № 1(4). – С. 100-103.

5. Федоров В. А., Щипцов Д. И. Обзор методов обнаружения инсайдеров в компьютерных сетях с применением ueba-систем //European Science Forum. – 2020. – С. 50-53.

6. Шебанова, О. В. Проблемы информационной безопасности Интернета вещей / О. В. Шебанова // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2018. – № 7. – С. 177-180.

7. Шелухин, О. И. Системы обнаружения вторжений в компьютерные сети: учебное пособие / Шелухин О. И., Руднев А. Н., Савелов А. В. – Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2013. – 88 с.

Модель подбора состава экспертной комиссии для аудита информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры

Н. Е. Платов, email: platovne@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В работе представлен подготовительный этап аудита ИБ: рассмотрены характеристики эксперта как личности и как аудитора, а также требования и рекомендации, применяемые к ним; предложена модель подбора экспертов (членов комиссии) через определение интегрального показателя качеств личности (ИПКЛ) и весового коэффициента.*

Ключевые слова: *Эксперт, аудитор, аудит информационной безопасности, объект критической информационной инфраструктуры, интегральный показатель качеств личности, весовой коэффициент.*

Введение

Какая бы сбалансированная система защиты информации не была бы организована и какие бы эффективные средства защиты информации (криптографические, технические, программные, программно-аппаратные) не были реализованы всегда и везде «слабым звеном» в системе защиты информации будет человек.

И какие бы программно-аппаратные средства оценки защищенности объектов критической информационной инфраструктуры (далее по тексту – КИИ) не применялись – всё равно в комплексе с ними оценку защищенности и соответствия её требованиям нормативных правовых актов РФ (далее по тексту – НПА) в области информационной безопасности (далее по тексту – ИБ) будет проводить и выставлять, в конечном счёте – человек!

В этом контексте оценка защищенности объектов КИИ рассматривается с одной стороны – «кто оценивает», а с другой – «как оценивает».

Анализ НПА показывает, что в современной России ни на государственном уровне, ни в министерствах и ведомствах не установлен однозначный порядок подбора и отбора экспертов в соответствии с требованиями к профессиональным качествам

© Платов Н. Е., 2022

и психологическим характеристикам лиц, занимающихся деятельностью в области аудита ИБ.

На деятельность аудитора влияют как объективные, так и субъективные факторы. Объективные факторы – это общественные отношения, морально-психологический климат, а также уровень развития общества в целом. Субъективные факторы – это, прежде всего, смысл, вкладываемый аудитором в профессиональную деятельность, в свои конкретные поступки и действия, а также знания о средствах, способах, условиях достижения поставленных целей. Адекватное отношение предполагает не только точность восприятия и понимания аудита ИБ, но и верный эмоциональный настрой, отношение к обществу и самому себе [1].

В силу специфики профессиональной деятельности аудиторов, специалисты в данной области должны обладать устойчивостью в настроении, быть невосприимчивыми к давлению системы, иметь способность адекватно реагировать на конфликтные ситуации и со своей стороны не проявлять конфликтности и раздражительности в критических условиях. Психологические особенности личности аудитора должны обеспечивать ему способность принимать меры по предотвращению и урегулированию конфликта интересов, предупреждению коррупции [2].

В связи с этим и требуется выработать модель, которая позволяла бы реализовать эти требования.

Подбор экспертов путем сбора информации о них и вывода весовых коэффициентов экспертов

Положениями пунктов 7.1 «Компетентность персонала» [3] и 7.2.2 «Личные качества» [4] определены требования к аудиторам ИБ.

Рассматриваются две стадии подбора экспертов.

Первая стадия подбора экспертов

Определение ИПКЛ получено в результате симбиоза пункта 7.2.2 «Личные качества» [4] и психологических тестов «КОС», «ФЛО», «ВСК» [5, 6]. Путем соотнесения требований указанного ГОСТа к личности аудитора и тестовых факторов была выведена итоговая формула (1) ИПКЛ эксперта с требуемым уровнем морально-нравственного состояния (далее по тексту – МНС) с требуемым количеством стенов – свыше 6.

КОС – психологический тест «Коммуникативных и организаторских склонностей».

ФЛО – психологический тест «16-ти факторный личностный опросник».

ВСК – психологический тест «Волевой самоконтроль».

В соответствии с [4] аудиторы должны обладать необходимыми качествами, обеспечивающими им возможность действовать в соответствии с принципами аудита:

– честность: основа профессионализма;

– беспристрастное представление: обязательство представлять правдивые и точные отчеты;

– должная профессиональная осмотрительность: прилежание и обдуманность решений при проведении аудита;

– конфиденциальность: защита информации;

– независимость: основа беспристрастности аудита и объективности заключений аудита;

– подход, основанный на свидетельстве, рациональный метод достижения надежных и воспроизводимых заключений аудита в систематическом процессе аудита;

– риск-ориентированный подход: подход, учитывающий риски и возможности.

Аудиторы должны проявлять профессиональные качества при выполнении аудита. Желаемое профессиональное поведение предполагает, что аудитор должен быть: этичным, открытым, дипломатичным, наблюдательным, проницательным, гибким, упорным, логичным, уверенным в себе, принципиальным, готовым к совершенствованию, настроенным на сотрудничество.

$$\psi_{И} = [ВСК + КОС + ФЛО(N) + ФЛО(C) + ФЛО(E) + \\ + ФЛО(B) + ФЛО(Q_2) + ФЛО(Q_3) + ФЛО(G)] / 9$$

где: $\Psi_{и}$ – интегральный показатель качеств личности (стены; min=1, max=10; 1-3 – низкий уровень, 4-5 – удовлетворительный, 6-8 – средний, 9-10 – высокий); ВСК – индексы волевой саморегуляции, настойчивости, самообладания, КОС – индекс коммуникативных и организаторских склонностей, ФЛО(Q2) – самостоятельность / внушаемость, ФЛО(E) – независимость / подчиненность, ФЛО(C) – эмоциональная устойчивость, ФЛО(N) – гибкость / прямолинейность, ФЛО(B) – ограниченное мышление / сообразительность, ФЛО(Q3) – высокий самоконтроль / низкий самоконтроль, ФЛО(G) – выраженная сила «Я» / беспринципность.

После получения ИПКЛ, и в соответствии с критерием свыше 6 стенов, выводится требуемый рейтинг экспертов с устойчивым МНС.

Вторая стадия отбора экспертов

В соответствии с требованиями [3] (п. 7.1 Компетентность персонала) весовой коэффициент эксперта складывается из факторов, перечисленных в табл. 1.

Таблица 1

Весовые значения факторов

Фактор	Вес фактора					
S_1	менее 4 лет	от 4 до 7	от 8 до 11	от 12 до 15	от 16 до 19	20 и более
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
S_2	нет	от 1 до 19	от 20 до 39	от 40 до 59	от 60 до 79	80 и более
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
S_3	нет	к.н.	к.н., доц.	д.н.	д.н., доц.	д.н., проф.
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
S_4	Нет сертификата			Есть сертификат		
	0,5			1		
S_5	нет	1	2	3 и больше		
	0,1	0,3	0,5	1-1/N		
S_6	от 0,05 до 1	от 1 до 2	от 3 до 4	от 5 до 6	от 7 до 8	от 9 до 10
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
S_7	от 0 до 10	от 11 до 28	от 29 до 46	от 47 до 64	от 65 до 82	от 83 до 100
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1

где S_1 – трудовая деятельность на должностях подразделений обеспечения безопасности информации и режима секретности (в годах); S_2 – практика в контрольно-надзорной деятельности (количество проведённых аудитов ИБ); S_3 – наличие ученой степени / звания; S_4 – наличие сертификата эксперта как аудитора (да / нет); S_5 – наличие дипломов / сертификатов / удостоверений о прохождении дополнительного профессионального образования (количество); S_6 – коэффициент анонимной взаимооценки профессионально-деловых качеств (в баллах); S_7 – коэффициент

компетентности: тестирование независимой специализированной организацией (процент правильно выполненных задач).

Вес фактора содержит показатели, в пределах 6-ти значений от 0,1 до 1, и их критерии, в пределах допустимых значений того или иного фактора.

Каждому эксперту, прошедшего отбор по МНС, присваиваются весовые коэффициенты отдельно по суммарному весу в предметной области и отдельно суммарный вес по всем факторам.

Таблица 2

Суммарные весовые коэффициенты экспертов

Эксперты, i	*Факторы*							$V_{эксп}$, п/о	$R_{эксп1}$	$V_{эксп}$, $\sum$	$R_{эксп2}$
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7				
Эксп3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,8	1,0	5	1,90	5
Эксп2	0,8	0,8	0,2	0,1	0,3	0,2	0,6	1,1	4	3,00	3
Эксп10	0,6	0,4	0,4	1	0,5	0,1	0,6	1,2	3	3,60	2
Эксп7	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,4	0,8	1,3	2	2,30	4
Эксп15	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,8	1,0	5	1,60	6
Эксп6	0,6	0,6	0,1	1	0,7	0,1	0,6	1,4	1	3,67	1
					в предметной области						

Значение суммарного весового коэффициента в предметной области ($V_{эксп}$, п/о) учитывается по рангу ($R_{эксп1}$) при назначении эксперта на работу со сбором свидетельств по мерам соответствующего процесса.

Значение суммарного весового коэффициента по всем факторам ($V_{эксп}$, $\sum$) учитывается по рангу ($R_{эксп2}$) при переназначении эксперта на наиболее загруженные (критичные) работы или работы, требующие немедленного завершения.

Заключение

Одно из ключевых требований к аудитору – его квалификация. Требованиями вышеуказанных ГОСТов установлен принцип регулярного повышения квалификации экспертов и поддержки её на уровне, необходимом для надлежащего исполнения своих должностных обязанностей. Данное требование обоснованно может быть отнесено к аудиторам ИБ. Содержание категории «квалификация аудиторов» должно включать в себя, прежде всего компетентность, под которой следует понимать способность в практической работе к эффективной и результативной деятельности на основе специальных профессиональных знаний.

Учитываю вышесказанное и применив разработанную модель возможно с большей вероятностью исключить риски, связанные с включением в состав экспертной комиссии должностных лиц с низкими морально-нравственными характеристиками и компетентностью, а также с давлением и навязыванием мнения аудиторам со стороны проверяющей организации, что позволит более полноценно провести аудит ИБ.

Список литературы

1. Степашин, С. В. Аудит эффективности как важнейшая форма государственного финансового контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ach.gov.ru/ru/chairman/?id=217
2. Кодекс этики и служебного поведения федеральных государственных гражданских служащих аппарата Счетной палаты Российской Федерации (утвержден Приказом Счетной палаты РФ от 08.12.2011 г. № 122) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ach.gov.ru/activities/anticorruption/normative-legal-acts/audit_office/
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 27006-2020. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности требования к органам, осуществляющим аудит и сертификацию систем менеджмента информационной безопасности [Текст]. – Введ. 2021-07-01. – М. Стандартинформ, 2021. – С. 42.
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 19011-2021. Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента [Текст]. – Введ. 2021-07-01. – М. Стандартинформ, 2021. – С. 42.
5. Выбойщик, И. В. Личностный многофакторный опросник Р. Кэттелла: Учебное пособие / И. В. Выбойщик, З. А. Шакурова. – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2000. – С. 54.
6. Миронова, Е.Е. Сборник психологических тестов. Часть I : Пособие / Е. Е. Миронова. – Мн.: Женский институт ЭНВИЛА, 2005. – С. 155.

Исследование методов машинного обучения при организации работ по добыче и обслуживанию нефтяных скважин

Е. А. Скачкова, email: elen.rome557@mail.ru
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В данной статье были рассмотрены методы определения значимых признаков, а также методы прогнозирования для оптимизации бурения нефряных скважин, определены их достоинства и недостатки. Для выявления наиболее значимых признаков, влияющих количество добываемой нефти, проводился отбор признаков на основе корреляционного анализа, а также сравнение и идентификация эффективных методов обучения нейронной сети. В результате сравнения был выбран метод байесовской регуляризации обратного распространения, так как он показал наименьшую ошибку распознавания при относительно коротком времени обучения. Таким образом, нейронная сеть была обучена прогнозированию количества добываемой нефти на нефтяных скважинах.*

Ключевые слова: *машинное обучение, корреляционный анализ, байесовская регуляризация обратного распространения.*

Введение

Оптимизация добычи – это, по сути, «управление производством», при котором вы минимизируете, максимизируете или планируете добычу нефти, газа и, возможно, воды. Например, вы можете легко максимизировать или нацелить добычу нефти и / или газа при минимизации воды, или запустить добычу нефти и газовый фактор (GOR) на заданные значения для поддержания энергии пласта. Есть множество альтернативных производственных целей. Поскольку каждая скважина, платформа и месторождение совершенно разные, предусмотрены гибкие средства контроля добычи.

Оптимизация добычи нефти жизненно важна для промышленно развитого мира. Под землей нет неограниченного запаса нефти. Это означает, что поставки нефти ограничены и должны быть максимально оптимизированы. Производители нефти должны продолжать разработку новых технологий добычи нефти из скважин. Эта труднодоступная нефть раньше осталась бы позади, когда добыча нефти была на пике.

© Скачкова Е. А., Мокшин В. В., 2022

Основные промышленно развитые страны продолжают добычу и использование сырой нефти рекордными темпами. Потребители, привыкшие к ранее низким ценам на нефть, покупали большие внедорожники и грузовики, в которых используется большое количество бензина. Поскольку экономика этих стран продолжает расти, потребности в нефтедобыче в транспортном и промышленном секторах также растут. Извлечение каждой последней капли нефти за счет оптимизации добычи помогает снизить спрос на сырую нефть.

Оптимизация добычи сырой нефти может быть достигнута несколькими способами. Буровые растворы и суспензии специального состава можно закачивать в существующие нефтяные скважины. Эта операция оптимизирует добычу нефти за счет поддержания давления в скважине, выталкивая новую нефть на поверхность. Находятся нетрадиционные источники нефти, такие как горючие сланцы и нефтеносные пески, и добывается их сырая нефть. Другие меры по оптимизации добычи включают новые методы бурения и геофизические инструменты для обнаружения и добычи неизвестных нефтяных месторождений.

1. Формализация задачи

Для решения задачи необходимо сгенерировать входные и выходные данные и выбрать нейронную сеть, аппроксимирующую передаточную функцию. Структура перцептрона позволяет аппроксимировать функции вида [7]:

$$y = \sum \left(b_i + \sum w_i \cdot x_i \right), \tag{1}$$

где x_i – элементы входного пространства, w_i – коэффициенты нейронной сети, полученные во время обучения, b_i – функция активации.

Многослойный персептрон – это класс искусственных нейронных сетей прямого распространения, состоящий как минимум из трех слоев: входного, скрытого и выходного. За исключением входных нейронов, все нейроны используют нелинейную функцию активации. В качестве активационных функций нейронов используются сигмоидальные: логистический или гиперболический тангенс.

Предположим, что есть L скрытых слоев, и в каждом из них есть нейроны L_i. Вес обозначен как w_{ijk}, где j относится к j-му нейрону в $(l-1)$-м слое, k относится к k-му нейрону в l-м слое, а b представляет смещение. Вход обозначен как 0-й скрытый слой, а выход обозначен как $(L+1)$-й скрытый слой.

Процесс обратного распространения ошибки использует частную производную каждой функции активации нейрона для определения наклона (или градиента) в направлении каждого из входящих весов. Градиент показывает, насколько круто будет уменьшаться или увеличиваться ошибка при изменении веса. Обратное распространение продолжает изменять веса до тех пор, пока частота ошибок не будет значительно уменьшена на величину, известную как скорость обучения.

Вес обновляется сзади вперед; поэтому их также называют сетью обратного распространения (ВР). Алгоритм ВР – это алгоритм на основе итеративного градиентного спуска.

На каждой итерации вектор параметров β заменяется новой оценкой $\beta+\delta$. Для определения δ функция $f(x_i,\beta+\delta)$ аппроксимируется ее линеаризацией:

$$f(x_i\beta+\delta)\approx f(x_i,\beta)+J_i\delta, \tag{2}$$

где

$$J_i=\frac{\partial f(x_i,\beta)}{\partial\beta} \tag{3}$$

градиент (в данном случае вектор-строка) функции f по β.

Сумма $S(\beta)$ квадратов отклонений имеет минимум при нулевом градиенте по отношению к β. Повышение первого порядка приближения $f(x_i,\beta+\delta)$ дает:

$$S(\beta+\delta)\approx\sum_{i=1}^{m}\left(y_i-f(x_i,\beta)-J_i\delta\right)^2 \tag{4}$$

или в векторной записи

$$\begin{aligned}
&S(\beta+\delta)\approx\left\|y-f(\beta)-J\delta\right\|^2=\\
&=\left[y-f(\beta)-J\delta\right]^T\left[y-f(\beta)-J\delta\right]=\\
&=\left[y-f(\beta)\right]^T\left[y-f(\beta)\right]-\left[y-f(\beta)\right]^T J\delta-\\
&-\left(J\delta\right)^T\left[y-f(\beta)\right]+\delta^T J^T J\delta=\\
&=\left[y-f(\beta)\right]^T\left[y-f(\beta)\right]-\\
&-2\left[y-f(\beta)\right]^T J\delta+\delta^T J^T J\delta
\end{aligned} \tag{5}$$

Взяв производную от $S(\beta+\delta)$ по δ и установив результат равным нулю, получим:

$$\left(J^T J\right)\delta = J^T\left[y - f(\beta)\right] \quad (6)$$

где J – матрица Якоби, j-я строка которой равна J_i, а $f(\beta)$ и y – векторы с j-й компонентой соответственно.

Матрица Якоби, как определено выше, не является (в общем случае) квадратной $m \times n$ матрицей, где n представляет собой прямоугольную матрицу, где β – количество параметров (размер вектора).

Умножение матрицы $(J^T J)$ дает требуемую квадратную $n \times n$ матрицу, а произведение матрицы на вектор справа дает вектор размера n. Результатом является набор j-линейных уравнений, которые можно решить для δ [7,8].

Приведем признаки для анализа, которые используются в данной работе (табл. 1).

Таблица 1

Признаки для анализа

Признаки	**Описание признаков**
x1	Номер
x2	Дата
x3	Время
x4	Объект
x5	Товар
x6	Среда
x7	Расход жидкости м3/час
x8	Дозировка ppm
x9	Скорость потока м/с
x10	Частота Гц
x11	Время прохождения жидкости час
x12	Остаточное содержание реагента ppm
x13	Температура oC
x14	pH
x15	O2 (кислород) ppm
x16	Методика определения эффективности
x17	Метод контроля коррозии
x18	Начальная средняя скорость коррозии mpy
x19	Средняя скорость коррозии mpy
x20	Эффективность %

Окончание таблицы 3

Признаки	Описание признаков
y1	Начальная скорость коррозии mpy
y2	Общая скорость коррозии mpy
y3	Питтинг
y4	Текущая эффективность

Шумовые характеристики также могут быть среди входных характеристик. Следовательно, эффективная модель может быть построена либо с учетом методов выбора признаков, либо на основе всех признаков. Но в этом случае шум может повлиять на качество финальной модели [8].

2. Корреляционный анализ как метод отбора признаков

Корреляция, такая как линия наилучшего соответствия, полезна для определения линейной зависимости количественных переменных. В корреляции каждое наблюдение помогает нам определить, какая из двух переменных влияет на другую и в какой степени. Переменная, которая влияет, называется исследовательской переменной, а та, которая затрагивается, называется переменной ответа. Основываясь на степени воздействия и взаимосвязи, мы можем спланировать соответствующий анализ.

Для количественной оценки корреляции между данными в качестве критерия оценки используется коэффициент корреляции в статистике. Вычисляя коэффициент корреляции, можно судить о взаимосвязи между различными выборками и степенью корреляции.

Чтобы определить критическое значение коэффициента корреляции воспользуемся критическим значением критерия Стьюдента:

$$r_{ijкрит} = \pm\sqrt{\frac{t^2_{ijкрит}}{t^2_{ijкрит} + n - 2}}; i = \overline{1,n};\ j = \overline{1, N + M + V + L} \qquad (7)$$

где – критическое значение критерия Стьюдента для рекомендуемого уровня значимости, определяемого по статистическим таблицам [9] при степенях свободы, – количество значений в исходной выборке.

Таким образом, корреляцию выше 0,3162 и ниже –0,3162 считаем значимой.

Таким образом, сделан вывод о том, что главная проблема прогнозирования заключается в проблеме отбора значимых признаков для наиболее точного обучения.

3. Результаты обучения

Берем полученную выборку признаков, чтобы сформировать эффективную модель, основанную на методе регуляризации байесовского обратного распространения ошибки. Делим выборку на обучающую (80%) и тестовую (20%), проводим обучение и денормализуем данные. На рисунках представлены данные, обученные по методу байесовской регуляризации обратного распространения (рис. 1-4).

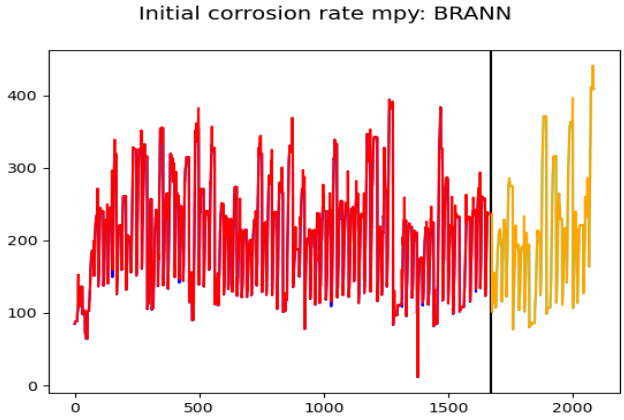


Рис. 1. Начальная скорость коррозии

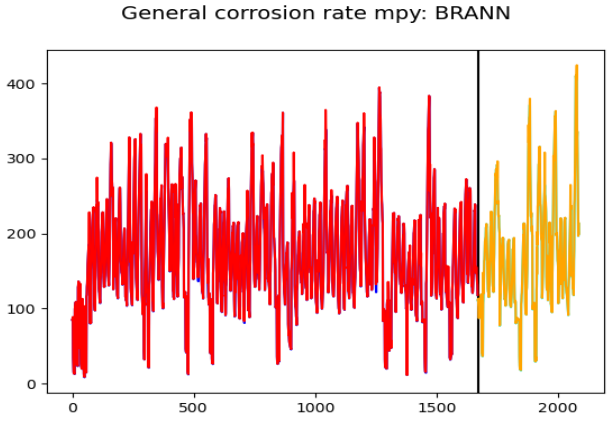


Рис. 2. Общая скорость коррозии

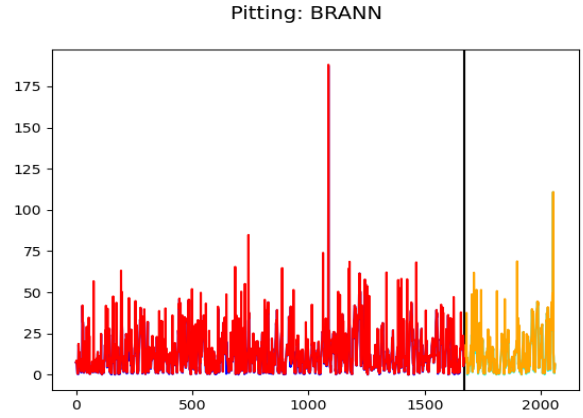


Рис. 3. Питтинг

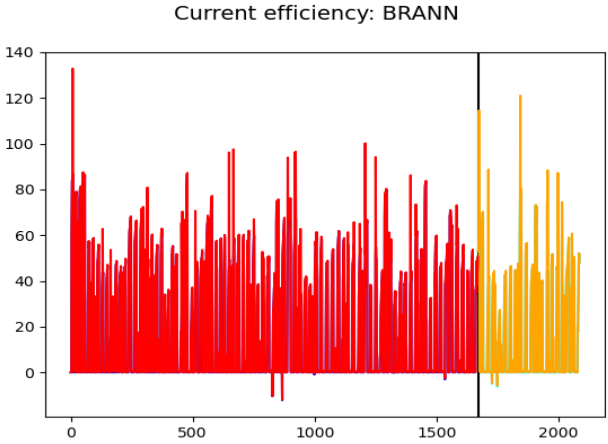


Рис. 4. Текущая эффективность

Ошибка обучения была рассчитана для разных методов обучения: метод 1 – алгоритм Левенберга-Марквардa, метод 2 – байесовская регуляризация обратного распространения, метод 3 – градиентный списк, метод 4 – линейная регрессия, 5 – корреляционный анализ (табл. 2), выводим результаты погрешностей (рис. 5).

Таблица 2

Сравнение ошибок обучения для разных методов

Методы	**Примеры значений**			
	Тестовая выборка y1	Тестовая выборка y2	Тестовая выборка y3	Тестовая выборка y4
Метод 1	0.84	0.81	0.87	0.84
Метод 2	0.95	0.95	0.94	0.93
Метод 3	0.74	0.78	0.69	0.75
Метод 4	0.71	0.76	0.82	0.83
Метод 5	0.87	0.79	0.81	0.78

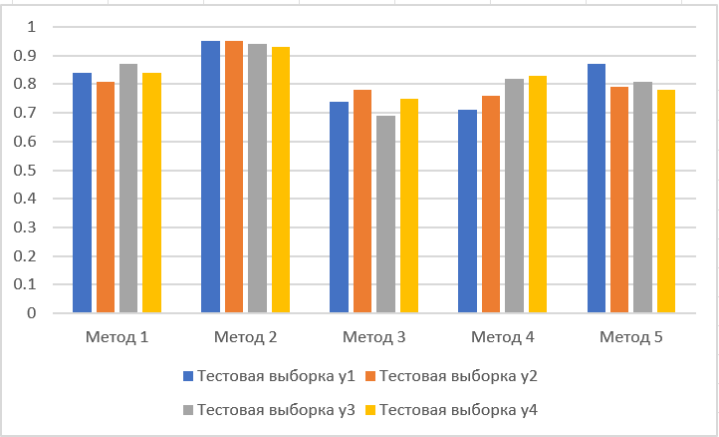


Рис. 5. Графическое сравнение ошибок обучения для разных методов

Как видно из таблицы и графика, наиболее точные результаты были получены с нейронной сетью, основанной на методе обучения байесовской регуляризации.

Заключение

В данной работе был проведен анализ существующих методов прогнозирования добычи нефти из нефтяных скважит, предложены различные методы машинного обучения для построения модели прогнозирования показателей результата (характеристик результата) и выбран наиболее оптимальный метод регуляризации байесовского обратного распространения ошибки. Проведен анализ методов

выделения значимых признаков с использованием метода корреляции. Результаты обучения были получены по каждому методу.

Кроме того, рассмотренный подход к формированию прогнозной модели может быть использован для имитационных моделей, в результате которых могут формироваться признаки [11-12], а также для оптимизации работы предприятий и различных технических систем [13-14].

Список литературы

1. Yang, X.S. Neural networks and deep learning / X.S. Yang // Introduction to Algorithms for Data Mining and Machine Learning. – 2019. – Т. 1. – С. 139–161.
2. Mokshin, A.V. Adaptive genetic algorithms used to analyze behavior of complex system / A.V. Mokshin, V.V. Mokshin, L.M. Sharnin // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2019. – № 71. – С. 174–186.
3. Parallel genetic algorithm of feature selection for complex system analysis / V. V. Mokshin [и др.] // IOP Conf. Series: Journal of Physics. – 2019. – Т. 1. – С. 1092–1096.
4. Xu, L. On convergence properties of the EM algorithm for Gaussian mixtures / L. Xu, M.I. Jordan // Neural Comput. – 1996. – № 8. – С. 129–151.
5. Ticknor, J.L. A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting / J.L. Ticknor // Expert Syst. Appl. – 2013. – № 14. – С. 5501–5506.
6. Wali, A.S. Comparative Study of Advance Smart Strain Approximation Method Using Levenberg-Marquardt and Bayesian Regularization Backpropagation Algorithm / A.S. Wali, A. Tyagi // Materials Today: Proceedings. – 2020. – № 21. – С. 1380–1395.
7. Pan, H. Annealed gradient descent for deep learning / H. Pan [и др.] // Neurocomputing. – 2020. – № 380. – С. 201–211.
8. Zhang, T. Adaptive forward–backward greedy algorithm for learning sparse representations / T. Zhang // IEEE Transactions on Information Theory. – 2011. – № 57. – С. 4689–4708.
9. Mokhtia, M. Feature selection based on regularization of sparsity based regression models by hesitant fuzzy correlation / M. Mokhtia, M. Eftekhari, F. Saberi-Movahed // Applied Soft Computing. – 2020. – № 91. – С. 376–381.
10. Peng, H. Feature selection based on mutual information: criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy / H. Peng, F. Long, C. Ding // IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell. – 2005. – Т. 1. – С. 1226–1238.

11. Yakimov, I.M. The Modelling and Optimization of Machine Management System with Computer Numerical Control / I.M. Yakimov [и др.] // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2020. – Т. 1. – С.724-731.

12. Mokshin, V.V. Modified genetic algorithm as a new approach for solving the problem of 3d packaging / V.V. Mokshin Yakimov [и др.] // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Т. 1. – С. 91–97.

13. Yakupov, D.T. Modified spectral clustering method for graphs decomposition. / D.T. Yakupov, V.V. Mokshin // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Т. 1. – С. 85–90.

14. Tutubalin, P.I. The Evaluation of the cryptographic strength of asymmetric encryption algorithms / P. I. Tutubalin, V. V. Mokshin // Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications. – 2017. – Т. 1. – С. 180–183.

Автоматическое улучшение геометрии, полученной методом фотограмметрии

В. В. Соболев, email: sobolev_vv@cs.vsu.ru

Воронежский Государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена задача по применению методов численной оптимизации для улучшения моделей, полученных методом фотограмметрии. Сформулирован алгоритм и различные варианты его улучшения.*

Ключевые слова: *Численные методы оптимизации, компьютерная графика, фотограмметрия, C++, Qt.*

Введение

С каждым годом разрабатываются новые технологии, с помощью которых можно переносить объекты из реального мира в форму 3д моделей с текстурами.

Метод фотограмметрии обрел популярность сравнительно недавно, так как до этого были популярны не оптические методы получения данных, оборудование было дорогим, а программное обеспечение для данного метода практически отсутствовало.

На данный момент практически каждый может получить 3д модель реального объекта из обычных фотографий по нажатию одной кнопки, однако качество таких моделей не позволяет использовать такие данные в конечном продукте, будь это компьютерная игра, проект по архитектурной визуализации или что угодно, требующее оптимизированной топологии и качественных текстур объектов. Решение, описанное в данной статье предлагает полуавтоматический метод обработки фотограмметрических данных путем подмены участков исходной модели на другие похожие объекты, которые были заранее подготовлены. Конкретно решается задача позиционирования таких объектов.

1. Применение численных методов оптимизации для улучшения геометрии

Подмена объектов начинается с их локализации, для этого можно использовать существующие методы определения объектов на фотографии. В данном примере это стол, стул и цветы в плошках (рис. 1).

© Соболев В. В., 2022

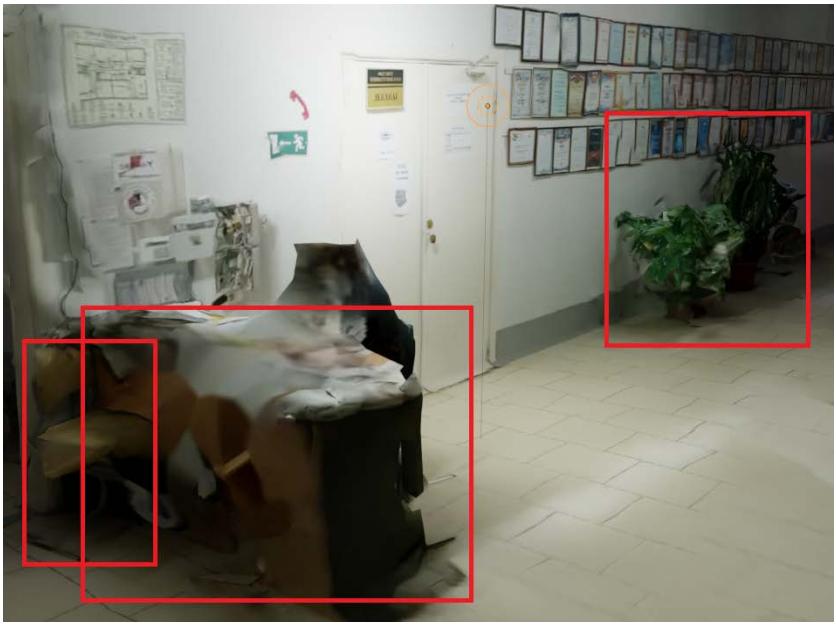


Рис. 1. Исходная геометрия

Далее в зависимости от типа объекта необходимо выбрать модель высокого качества, на которую и будет подменяться локализованный объект. Для этого можно использовать библиотеки моделей из интернета, предварительно установив соответствие каждой модели соответствующий тип объекта, который она будет подменять.

Так как модели кардинально отличаются по топологии для точной подмены будем использовать итеративный алгоритм ближайших точек для задания функции ошибки и метод Гаусса-Ньютона для оптимизации этой функции. Пример тестового приложения на Qt и C++, оптимизированная модель ноги совмещается с моделью, полученной методом фотограмметрии (рис. 2)

Так же в данном примере реализован переход между оптимизированными моделями одного типа, что позволяет выбрать наиболее топологически близкую из библиотеки.

Возможна работа в более грубом режиме, при которой геометрия исходной модели не меняется, а подгоняется только положение всего объекта целиком.

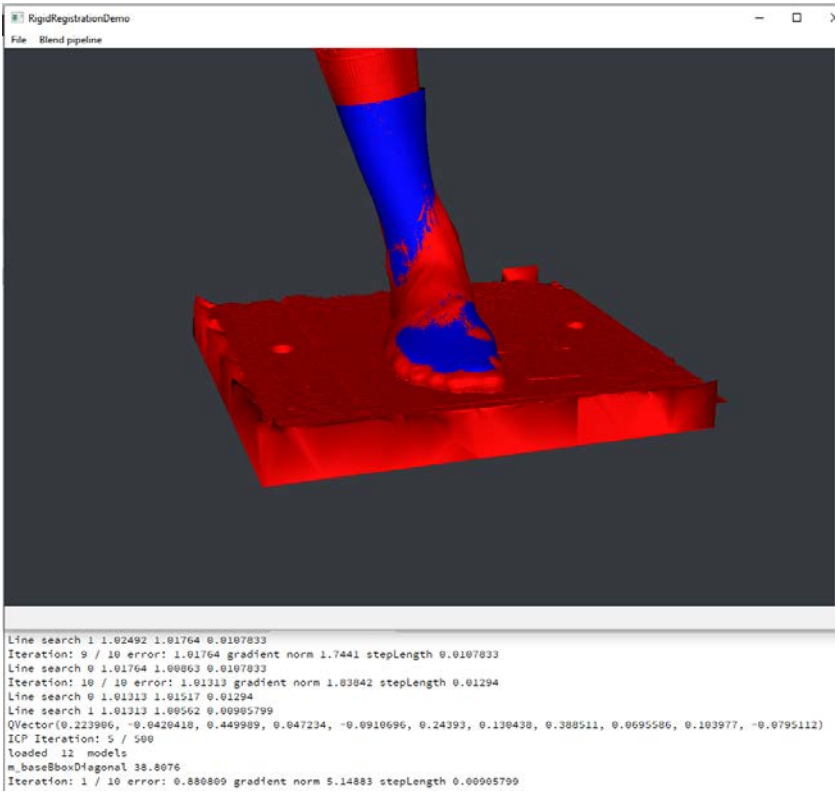


Рис. 2. Оптимизированная модель ноги совмещается с моделью, полученной методом фотограмметрии

После выполнения алгоритма получаем объект, который достаточно точно вписан в исходную геометрию, на котором есть качественные текстуры и материалы, а так же что немаловажно он отделен от основной геометрии, что удобно для ручной настройки, если необходимость в ней всё же возникнет.

2. Обзор аналога

Одним из примеров алгоритма с похожей целью является Nanite, представленный в Unreal Engine 5. Основное отличие в том, что работает он в реальном времени, во время отрисовки.

Виртуальная геометрия позволяет использовать больше полигонов и должна заменить привычные LOD’ы, делая прозрачным весь процесс

замены высококачественных ассетов на более простые. Становится возможным отображать миллионы треугольников без проблем.

Работает с новым внутренним форматом мешей, который сильно сжат и поддерживает потоковую передачу с автоматическим уровнем детализации. LOD'ы самим больше делать не надо.

Контент для Nanite ничем не отличается от обычных статичных мешей, но Nanite может обрабатывать на порядки больше треугольников и инстансов, чем при рендеринге обычной геометрии. Рекомендуется использовать виртуальные текстуры.

Во время импорта меши разбиваются на иерархические кластеры групп треугольников. А уже во время рендеринга кластеры меняются местами на лету с разными уровнями детализации в зависимости от обзора камеры и без разрывов соединяются с соседними кластерами в одном объекте. В памяти находятся только видимые детали. Как следствие, чтобы это всё нормально стримилось, нужен SSD.

Для прокси-мешей можно настроить уровень детализации. Они используются для коллизий на уровне полигонов, трассировки лучей, запекания света и другого. При этом по умолчанию используются авто-генерируемый LOD0, что весьма странно.

По крайней мере, есть возможность выбрать кастомный прокси и настроить традиционные LOD'ы. Независимо от геометрической сложности исходных данных в сцене, количество треугольников в целом пропорционально количеству пикселей, т. к. нет смысла рисовать больше треугольников, чем пикселей на экране.

Могут быть проблемы с occlusion culling. Если есть сложнная геометрия близко друг к другу около самой верхней поверхности, Nanite не сможет определить, какая из них находится сверху или снизу, что приведет к отрисовке обоих. Вблизи Nanite нормально разделяет слои, но при удалении разница в расстоянии между геометрией может быть меньше пикселя, что приводит к лишней отрисовке.

Nanite меши поддерживают несколько UV-разверток (UV каналов) и Vertex Colors (Цвета вершин). Материалы назначаются на секции (sections) меша. Эти материалы могут использовать различные модели затенения и динамические эффекты, которые могут быть сделаны при помощи шейдеров. Назначение материалов можно менять динамически, как и в любом другом Статическом Меше. Системе Nanite не требуется какой-либо дополнительный процесс для запекания материалов.

Виртуальные Текстуры (Virtual Textures) не обязательно использовать вместе с системой Nanite, но это крайне рекомендуется. Virtual Textures – это ортогональная функция Unreal Engine с схожими

целями для текстурных данных (texture data), которые Nanite достигает с помощью данных меша (mesh data).

Благодаря технологии Nanite в Unreal Engine 5 геометрия меша может быть более детализированной, чем когда-либо прежде. Lumen обеспечивает нормальную детализацию с полным разрешением, а также рассчитывает освещение отраженным светом с гораздо более низким разрешением для работы в реальном времени.

Lumen решает проблему динамического диффузного освещения отраженным светом. Например, свет рассеянно отражающийся от поверхности, приобретает цвет этой поверхности и отражает уже цветной свет на другие близлежащие поверхности. Данный эффект называется Color Bleeding. Объекты в сцене также блокируют освещение отраженным светом, что создает побочное затенение (indirect shadowing). Lumen предоставляет бесконечное количество диффузных отражений/отскоков (diffuse bounces), которые очень важны в сценах с яркими рассеивающими поверхностями.

Однако у данной технологии есть минусы, некоторые обещают исправить по мере разработки, а некоторые вызваны техническими ограничениями.

Материалы со следующими настройками не могут быть назначены Nanite мешам.

- Любые Blend Mode за исключением Opaque. Включая режимы смешивания Masked и Translucent
- Отложенные Декали (Deferred Decal). Например, использование Nanite меша для Mesh Decals. Поддерживаются меши-декали (Decal meshes) проецируемые на Nanite меши.
- Wireframe
- Pixel Depth Offset
- World Position Offset
- Custom Per-Instance Data
- Two Sided

В данный момент не поддерживаются следующие возможности рендеринга:

- Фильтрация объектов в зависимости от вида, при помощи:
- Scene Capture вместе с: Hidden Components, Hidden Actors, Show Only Components, Show Only Actors.
- Minimum Screen Radius
- Distance culling
- Forward Rendering
- Stereo rendering for Virtual Reality
- Split Screen

- Multisampling Anti-Aliasing (MSAA)
- Lighting Channels
- Трассировка Лучей по отношению к полностью детализированному Nanite мешу. Функции Ray Tracing поддерживаются, но лучи пересекают грубое представление модели (называемое Прокси-Мешем), вместо полностью детализированного Nanite меша.
- Некоторые режимы визуализации пока не поддерживают отображение Nanite мешей.

Заключение

Был сформулирован алгоритм по применению численных методов оптимизации для улучшения геометрии, полученной методом фотосканирования. Приведены 2 варианта реализации.

Список литературы

1. Хабр [Электронный ресурс] : Structure from motion – классическая реализация – Электрон. журн. – Режим доступа : https://habr.com/ru/post/228525/

2. Краснопевцев, Б.В. Фотограмметрия : учебное пособие / Б.В. Краснопевцев – М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. – 160 с.

3. Гасников, А.В. Современные численные методы оптимизации. Метод универсального градиентного спуска : учебное пособие / А. В. Гасников. – 2-е изд., доп. – М. : МФТИ, 2018. – 291 с.

4. Arxiv [Электронный ресурс] : Fast and Robust Iterative Closest Point – база статей – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/2007.07627v2

5. Rudnyi, E.B. Statistical model of systematic errors: linear error model / E.B. Rudnyi // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 1996. – V. 34. – P. 41-54.

Использование нейронной сети YOLOv3 для распознавания нарушений техники безопасности

А. И. Султанова, email: sultanovaali@stud.kai.ru
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

Институт компьютерных технологий и защиты информации. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *Рассмотрены задачи поиска и классификации объектов на изображениях с использованием свёрточной нейронной сети YOLOv3. Практическая реализация произведена на языке программирования Python под платформу Windows. Представлено описание этапов обучения нейронной сети и оценки качества работы полученной модели. Результаты тестирования нейросетевой модели представлены в виде диаграммы, содержащей среднюю точность по каждому классу и метрику mAP. Полученные результаты могут быть использованы в системах мониторинга безопасности на производственных объектов.*

Ключевые слова: *распознавание объектов, сверточная нейронная сеть, YOLOv3, Python.*

Введение

Любая производственная деятельность сопровождается всевозможными рисками – событиями, которые влияют на функционирование всего предприятия. Особое внимание уделяется рискам, связанным с нанесением ущерба здоровью или жизни человека в зонах производственных работ, поскольку уровень безопасности влияет на экономические показатели и статус предприятия. Своевременное обнаружение нарушений техники безопасности может помощь, в предотвращении несчастных случав на производстве.

На сегодняшний день большую популярность и распространение получили сверточные нейронные сети (CNN). Они прекрасно себя проявили в области компьютерного зрения, как методы детектирования и распознавания объектов на изображениях или в видеопотоке [1-2]. Одним из современных детекторов выступает сверточная нейронная сеть YOLO (You Only Look Once – Ты Смотришь Только Один Раз). Благодаря своей архитектуре, ее достаточно один раз «взглянуть» на изображение, что

© Султанова А. И., Мокшин В. В., 2022

значительно сокращает время необходимое для обнаружения объекта в кадре.

Используя технологию сверточных нейронных сетей для обнаружения и распознавания людей, применяющих или не применяющих сигнальные жилеты и защитные каски при производственных работах, можно повысить уровень обеспечения безопасности на производственных объектах.

1. Цель исследования

Цель данной научно-технической работы является исследование возможностей применения свёрточной нейронной сети YOLOv3 в рамках анализа производственных рисков.

Для достижения цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Подготовить обучающую и тестовую выборку изображений, содержащих классы распознаваемых объектов.
2. Обучить модель свёрточная нейронная сеть YOLOv3.
3. Произвести тестирование обученной модели для определения точности распознавания объектов.
4. Оценить качество полученных результатов.

2. Нейронная сеть YOLOv3

Главная особенность нейронной сети YOLO по сравнению с другими состоит в том, что большинство систем применяют CNN несколько раз к разным регионам изображения, а YOLO применяет CNN один раз ко всему изображению сразу. Благодаря этому сеть обладает высокой скоростью и точностью обнаружения объектов [3]. На рис. 1 представлена архитектура YOLO [4].

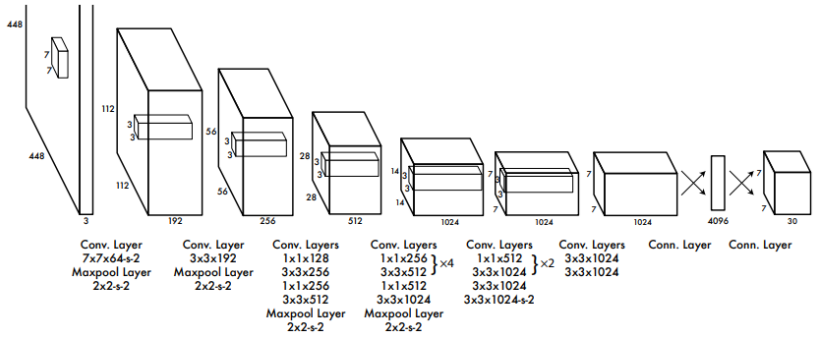


Рис. 1. Архитектура YOLO [4]

Поскольку YOLO смотрит на изображение только один раз, то метод с плавающим окном не подходит для данной сети. Вместо этого, все изображение с помощью сетки разбивается на ячейки размером S × S. После этого для каждой ячейки предсказываются два показателя: ограничительные рамки (bounding boxes) и вероятности нахождения в них нужного объекта (confidence).

Размерность и положение ограничительных рамок вокруг объекта на изображении (рис. 2) вычисляются по формулам:

$$b_x = \sigma(t_x) + c_x \quad (1)$$

$$b_y = \sigma(t_y) + c_y \quad (2)$$

$$b_w = p_w e^{tw} \quad (3)$$

$$b_h = p_h e^{th} \quad (4)$$

где t_x, t_y, t_w, t_h – предсказанные координаты центра рамки x, y, ширина и высота рамки соответственно, p_w, p_h – ширина и высота рамки, c_x, c_y – смещение ячейки от верхнего левого угла изображения [5].

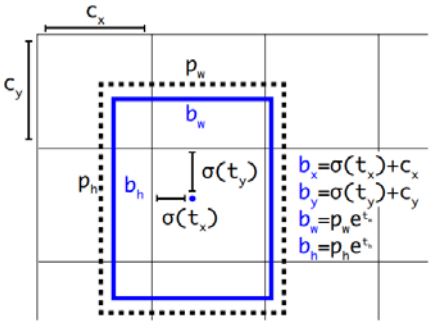


Рис. 2. Схема расчета положения ограничительных рамок [5]

Вероятность попадания искомого объекта внутрь предсказанной рамки рассчитывается по формуле:

$$\sigma(t_o) = \Pr(object) * IOU(b, object) \quad (5)$$

где $\sigma(t_o)$ – «оценка доверия» (вероятность попадания искомого объекта внутрь предсказанной рамки) [5].

После того как были получены все ограничительные рамки и соответствующие вероятности для всех искомых объектов необходимо

избавиться от дубликатов bounding box для каждого объекта. Для этого применяется алгоритм «подавления не-максимумов» (Non-maximum suppression) [6], который ищет ограничительные рамки содержащие объект распознавания и вычисляет для них *IOU* (Intersection over Union) по формуле:

$$IOU = \frac{A \cap B}{A \cup B} \tag{6}$$

Модель YOLOv3 сверточной нейронной сети состоит из 106-ти слоев (рис. 3) и лучше детектирует небольшие объекты по сравнению с её предыдущей версией YOLOv2 [7].

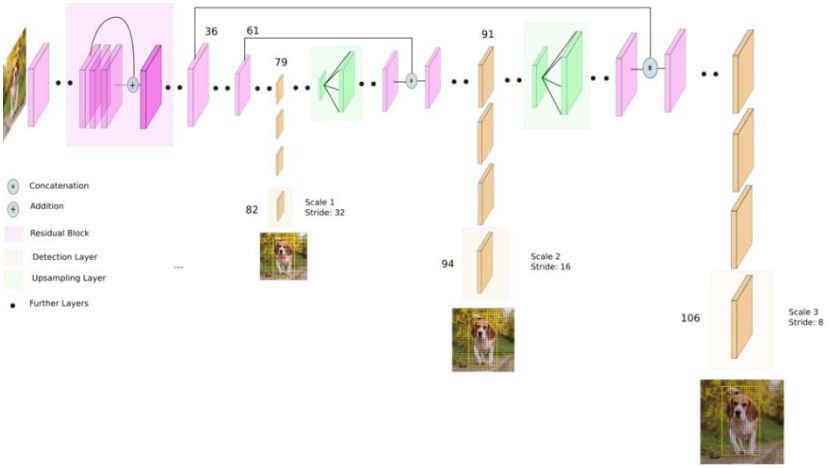


Рис. 3. Архитектура нейронной сети YOLOv3 [8]

Основная особенность YOLOv3 состоит в том, что на выходе есть три слоя, каждый из которых рассчитан на обнаружения объектов разного размера. Для этого используются различные сетки, размеры ячеек которых имеют значения 8, 16 и 32.

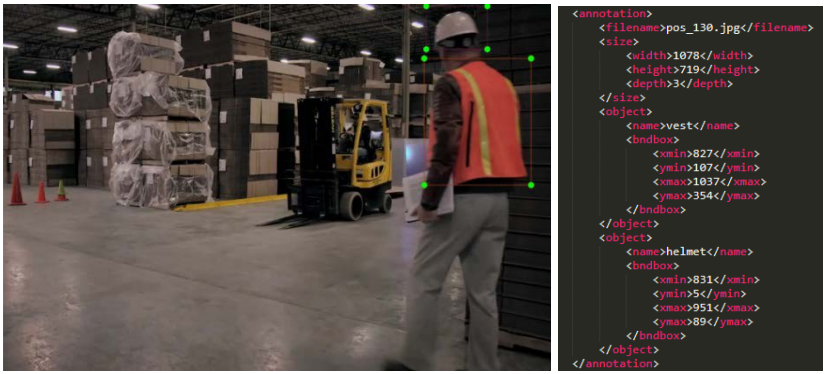
3. Обучение модели

Экипировкой рабочего на производстве может быть просто каска, каска и сигнальный жилет, страховочный пояс с жилетом и каской, иногда к этому набору добавляются перчатки. Поскольку во всех случаях участвует каска и сигнальный жилет, выделим два основных класса: каска (helmet) и жилет (vest).

Для обучения нейронной сети был подготовлен собственный набор данных (dataset) в формате Pascal VOC, содержащий изображения и их

аннотации в виде XML-файла. Было подготовлено 300 кадров, которые были разделены на обучающую и тестовую выборку. Для каждого изображения вручную выполнялась разметка объектов и присваивание им меток класса.

На рис. 4 изображен пример разметки элемента обучающей выборки, на нем показано изображение и соответствующая ему аннотация, которая содержит: имя файла изображения, его размер, имя класса и координаты, представляющие локацию рамки вокруг объекта (верхний левы и нижний правый угол).



а б

а – изображение, б – аннотация

Рис. 4. Пример эталонной разметки изображения

Для обучения нейронной сети было использовано «переносное обучение» [6]. Оно предполагает под собой использование в качестве отправной точки веса от предварительно обученной модели на наборе данных COCO.

На вход обучающего алгоритма подается обучающая выборка размером 240 изображений и аннотаций. Затем начинается итерация обучения (эпоха) – изображение проходит через все слои по порядку, а получившийся на выходе результат сравнивается с аннотацией с помощью функции ошибки (рис. 5).

С каждой следующей эпохой веса сети в процессе обучения постепенно подгоняются к оптимальному значению, необходимому для точного решения поставленной задачи и общие потери, как видно на таблице, с каждой эпохой уменьшаются.

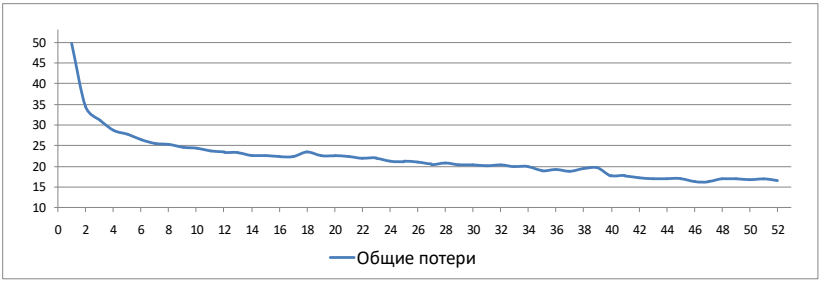


Рис. 5. Общие потери при обучении

4. Оценка качества работы

На основе тестовой выборки, содержащей 60 изображений, была проведена оценка качества работы каждой полученной во время обучения модели нейронной сети. Для этого были рассчитаны средние точности распознавания для каждого класса и метрика mAP. Результаты приведены на рис. 6.

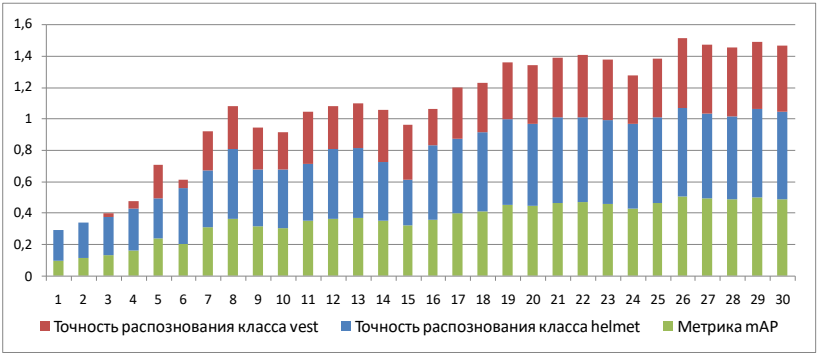


Рис. 6. Точность распознавания объектов и метрика mAP

Исходя из диаграммы, представленной на рисунке 6, был сделан вывод, что модель под номером 6, detection_model-ex-0045--loss-0017.756.h5 с метрикой mAP = 0,5041 имеет наибольшую точность распознавания объектов на изображении по сравнению с другими сгенерированными во время обучения моделями. Поэтому, в качестве нейронной сети для дальнейшей работы выбираем данную модель YOLOv3.

Результат работы обученной распознавать сигнальные жилеты и защитные каски, и протестированной нейронной сети представлены на рис. 7.



Рис. 7. Примеры обнаружения объектов на изображениях с помощью сверточной нейронной сети YOLOv3

На некоторых изображениях видны ложные срабатывания и необнаруженные объекты, причиной этому может быть недостаточно точная разметка эталонов или недостаточное количество обучающей выборки.

Заключение

В соответствии с целью научной работы реализована программа распознавания экипировки на изображении на языке программирования Python для сверточной нейронной сети YOLOv3. Для обучения был сформирован dataset, состоящий из 300 изображений и аннотаций к ним.

Обучение нейронной сети проводилось на 240 изображениях, а для оценки качества было подготовлено 60 изображений. Наилучший результат показала модель detection_model-ex-0045--loss-0017.756.h5. Так же во время обучения были выявлены ключевые моменты, значительно влияющие на качество полученных результатов и эффективность работы системы распознавания:

- Выборка изображений для dataset должна быть как можно более полной и качественной;
- Следует максимально точно выполнить аннотацию объектов;

– В начале обучения стоит использовать веса уже обученных моделей.

На базе полученных результатов возможно построение более высокоуровневых моделей для применения в исследовательских целях, а так же для создания систем анализа и мониторинга безопасности на производственных объектах.

Список литературы

1. Распознавание образов транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения / В. В. Мокшин [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 17, № 5. – С. 130-137.

2. Стадник, Н. А. Разработка информационной системы организации работ производственного цеха / Н. А. Стадник, А. В. Золотухин,. В. В. Мокшин // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) : сб. тр. по материалам VII Международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (Самара, 20–24 сентября 2021 г.). – Самара, 2021. – С. 32982.

3. YOLO: Real-Time Object Detection [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pjreddie.com/darknet/yolo

4. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] / J. Redmon [and all] : Computing Research Repository (CoRR), 2016. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1506.02640

5. Redmon J. Yolo9000: Better, faster, stronger. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) [Электронный ресурс] / J. Redmon, A. Farhadi : Computing Research Repository (CoRR), 2017. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1612.08242

6. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks [Электронный ресурс] / S. Ren [and all] : Computing Research Repository (CoRR), 2015. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1506.01497

7. Redmon J. Yolov3: An incremental improvement [Электронный ресурс] / J. Redmon, A. Farhadi : Computing Research Repository (CoRR), 2018. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1804.02767

8. Kathuria A. What’s new in YOLO v3? [Электронный ресурс] / A. Kathuria : towards data science, 2018. – Режим доступа : https://towardsdatascience.com/yolo-v3-object-detection-53fb7d3bfe6b

AIC Интеллектуальная система беспилотного транспортного средства

А. М. Тен, email: andreiten1@gmail.com
И. А. Барков, email: IABarkov@kai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В данной работе рассматриваются методы компьютерного зрения, а также обработки изображения в интеллектуальных системах для беспилотного автомобиля.*

Ключевые слова: *Машинное обучение, глубокое обучение, компьютерное зрение, беспилотный автомобиль, интеллектуальная система, искусственный интеллект.*

Введение

На текущий момент в России, а также во многих других странах, актуальна такая проблема как ДТП, а также затраты на ущерб от них. Россия тратит порядка 6-8% от ВВП России на ДТП каждый год. Из-за таких происшествий, страдают не только люди, но окружающая среда, экономика и т.д. Ущерб от ДТП по всему миру насчитывается почти пол триллиона $. Внедрение беспилотных систем, не только должно улучшить качество дорожной ситуации на дороге, но и уменьшить материальный ущерб.

Беспилотный автомобиль – транспортное средство, оборудованное системой автоматического интеллектуального управления, которое может передвигаться без участия человека. Существуют 5 уровней автономности автомобиля. Беспилотный автомобиль снижает затраты на ремонт и амортизацию на 35%, а расходы на страхование – на 15%. беспилотные автомобили позволяют существенно сократить сроки доставки грузов, в среднем – вдвое. При традиционном подходе у водителя есть обязательное рабочее время отдыха – восемь часов, есть время на сон. Две трети дня грузовик просто стоит неподвижно, а в рабочее время может проехать не более 500 километров при соблюдении скоростного режима. Два водителя могут немного увеличить скорость перевозки, но при этом увеличат стоимость доставки для заказчика. Вождение на беспилотном транспорте намного безопаснее хотя бы потому, что беспилотный автомобиль не нарушает правила дорожного движения.

© Тен А. М., Барков И. А., 2022

Country	GDP Lost to Traffic Accidents *(Millions of US Dollars)*	GDP Lost to Traffic Accidents with Driverless Cars *(Millions of US Dollars)*
USA	$340,992.92	$34,099.29
India	$62,206.29	$6,220.63
Japan	$53,602.35	$5,360.24
Germany	$40,269.26	$4,026.93
Russia	$34,476.39	$3,447.64
Italy	$32,665.73	$3,266.57
Canada	$29,460.20	$2,946.02
UK	$28,487.55	$2,848.76
Australia	$28,130.32	$2,813.03
Indonesia	$26,719.95	$2,672.00
Iran	$25,519.56	$2,551.96
Mexico	$25,175.28	$2,517.53
South Africa	$24,398.24	$2,439.82
France	$24,216.82	$2,421.68
Brazil	$21,296.70	$2,129.67

Рис. 1. Расходы стран на ДТП

1. Анализ подобных беспилотных систем

На текущий момент рынок беспилотных автомобилей все увеличивается и увеличивается. Крупные компании соревнуются между собой. Из зарубежных систем и автомобилей можно выделить таких крупных гигантов как автопроизводителя Tesla, Audi, Mersedes, Wolsvagen, а сервисов Uber и DiDi.

У компании Яндекса датчики собирают информацию об окружающей среде, а специальный софт ее обрабатывает. 3D-карта позволяет определить расстояния до объектов. Данные принимаются не только с лидара, но и с радаров, которые могут "видеть" намного дальше чем лидары. Из недостатков можно выделить слишком длительное время для принятия решения, что важно для беспилотника.

Беспилотники СберАвтоТех используют собственное ПО и бортовой компьютер, который подключен к картографическому сервису 2ГИС. Также как и многие использует лидар, камеры и радары. Обзор у беспилотника на 360 градусов, есть оптимальное распределение задач и маршрутов.

KAMAZ также не отстает в развитии беспилотных систем. Машина оснащена сразу четырьмя типами сенсоров: видеокамерами, радарами, лидарами и сонарами. Авторобот оборудован несколькими системами связи: промышленным Wi-Fi, 4G и специальным УКВ-диапазоном на случай, если заглушены другие каналы связи, то есть экстренным каналом. Все данные с датчиков поступают в мозг машины – компьютер, где будет происходить анализ входящей информации о параметрах движения.

2. Особенности систеы

В данной системе будут реализованы следующие функции: Система детектирования объектов, которая будет работать с новой технологией YOLO v4, работающей в реальном времени, распознавание дорожных полос движения, а также регулирование съезда с полосы при помощи метода RANSAC, система принятия решений при обнаружении препятствий, а также защита персональных данных. Беспилотные автомобили знают слишком много информации об водителе, поэтому целесообразно сделать защиту конфиденциальных данных.



Рис. 2. Ключевые особенности системы

3. Подготовка и анализ данных в среде RStudio

Задача нахождения объектов на изображении – задача машинного обучения, в рамках которой реализуется определение нахождения объекта в пространстве. Все это зависит от конкретной реализации алгоритма детектирования.

YOLO детектор является лидирующей архитектурой детектирования объектов на данный момент. Главная особенность этой

архитектуры по сравнению с другими состоит в том, что большинство систем применяют CNN несколько раз к разным регионам изображения, в YOLO CNN применяется один раз ко всему изображению сразу. Сеть делит изображение на своеобразную сетку и предсказывает bounding boxes и вероятности того, что там есть искомый объект для каждого участка.Плюсы данного подхода состоит в том, что сеть смотрит на все изображение сразу и учитывает контекст при детектировании и распознавании объекта [1].

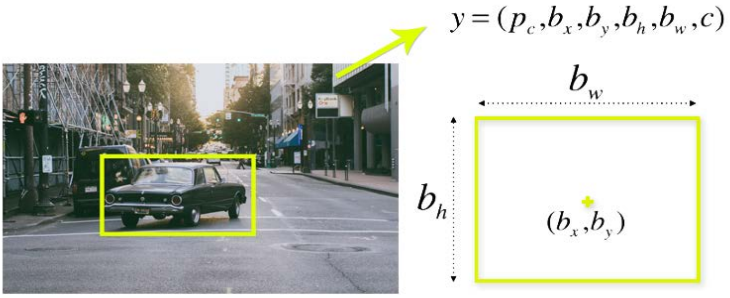


Рис. 3. Bounding Box

У каждого окна есть свойства: Pc – вероятность правильного определения границ bounding box, x, y – координаты центра ячейки, w – ширина, h – высота обрамляющего окна, n – количество классов, которых алгоритм должен распознать [1].



Рис. 4. Вектор bounding box

Таким образом, каждая ячейка сетки предсказывает B ограничивающих окон и доверительные оценки (confidence scores) для них. Теперь перемножим эти оценки каждого окна с вероятностями классов соответствующей ячейки сетки. Получим набор векторов размера C в количестве 2×7×7 [1].

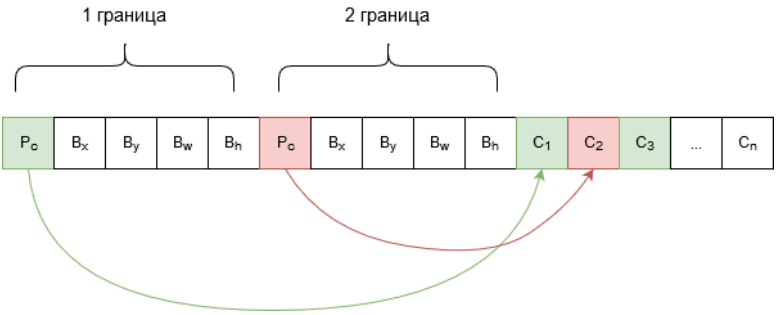


Рис. 5. Перемножение Pc на C

В результате получим набор векторов S*S*2. Далее в каждом из векторов последовательно рассматривается один из классов. Компонентам, у которых значение меньше порогового числа (ставится вручную), ставятся в соответствие нули, после чего вектора сортируются по убыванию. Но возможна ситуация, когда один и тот же объект, обнаруживается несколькими bounding box. Для этого применяют алгоритм NMS (Non-Maximum Suppression). Он заключается в том, что сравниваются прямоугольники и выбирается прямоугольник с наибольшим значением вероятности нахождения в нём объекта класса. Сравнение происходит с помощью функции IoU. И на изображение наносятся только те окна, в векторе которых есть ненулевые значения, при этом окну присваивается класс с наибольшим значением [1].

Детектор RCNN работает в несколько этапов. На вход подается изображение и происходит генерация гипотез того, где находится нужный объект. В RCNN используется метод Selective Search. Принцип алгоритма изображен на рис. 6 [3].

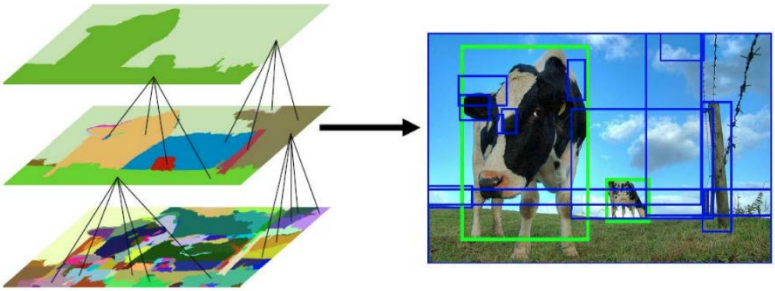


Рис. 6. Selective Search

После окна обрезаются в изображении до нужного (в сети AlexNet которая имеется в данном примере, обрезается до 227x227) размера. Окна подаются на вход сверточной нейронной сети, которая пропускает их через через сверточные слои (в Alexnet количество 5), снимает показания с предпоследнего полносвязного слоя и выдает в виде векторов признаков.

После завершения обработки, набор векторов, подают в набор линейных SVM (support vector machine), для классификации и на регрессию для уточнения положения каждого Bounding Box (фигура ограничивающая интересующий объект) [3]. Структурная схема алгоритма R-CNN представлена на рис. 7.

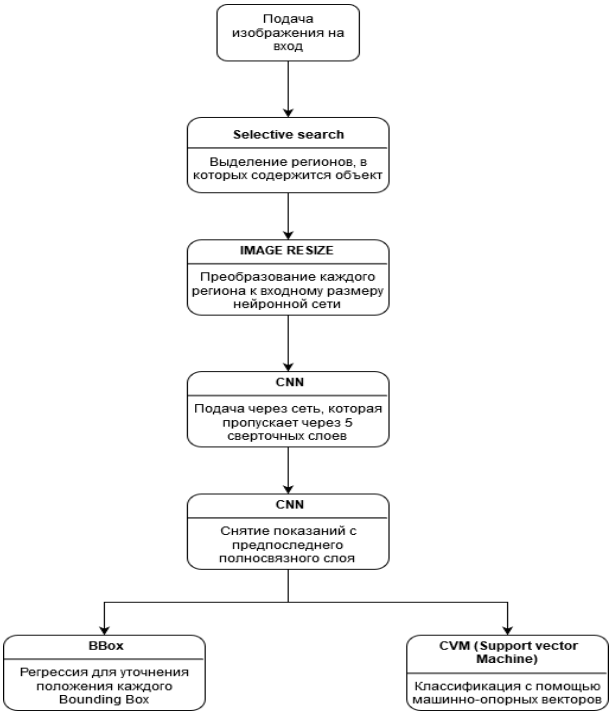


Рис. 7. Структура R-CNN

Каскадный детектор детектирует объекты в изображениях путем скольжения окна по исходному изображению. Детектор использует каскадный классификатор, чтобы решить, содержит ли окно предмет интереса. Он довольно чувствительный к вращению необходимого

изображения, так как у 3D объекта изменяется соотношение сторон. Поэтому обычно обучают сразу несколько детекторов для каждой ориентации объекта [2]. Структурная схема каскадного алгоритма приведена на рисунке 8.

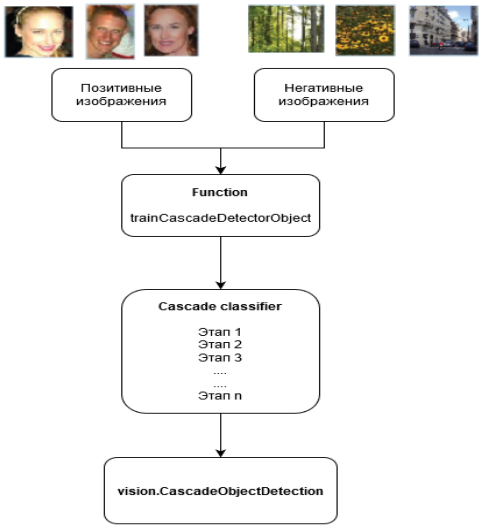


Рис. 8. Схема каскадного детектора

Для начала необходимо собрать положительный и отрицательный набор данных. Для того, чтобы создать положительный набор данных, можно использовать приложение Image Labeler. С помощью Image Labeler можно пометить положительные выборки путем интерактивного определения прямоугольных видимых областей (ROIs). Отрицательный набор данных не представлен явным образом. Вместо этого каскадный детектор автоматически генерирует отрицательные выборки от предоставленных пользователями негативных изображений, которые не содержат интересующие объекты.

Перед обучением каждый этап запускает детектор, который был обучен на негативных изображениях. Любые объекты, обнаруженные от них, отображают, ложные положительные стороны, которые используются в качестве отрицательных выборок. Получается, что каждый новый этап каскада обучен корректировать ошибки, сделанные предыдущими этапами. Отрицательных изображений лучше представить больше. И для того, чтобы улучшить точность детектирования, необходимо представить изображения, которые содержат фон

сопоставленные с объектом, которым мы хотим распознать. Либо же изображения, где есть похожий объект [2].

4. Сравнение алгоритмов детектирования

Было взят набор данных состоящий из 1554 изображений, на которых помечен интересующий нас объект. Отдельно для каскадного детектора также было отобран Dataset из 5050 негативных изображений.

В таблице представлены показатели обучения алгоритмов, тестируемых на данном наборе данных и в таблице показатели алгоритмов, тестируемых на этом наборе.

Таблица 2

Сравнение показателей обучения алгоритмов

Алгоритмы	Dataset	Время обучения	Необходимы ли негативные изображения
Cascade Detector	Dataset	29 мин	Да
YOLO v4	Dataset	5 часов 3 минуты	Нет
Faster R-CNN	Dataset	9 часов 11 минут	Нет

Таблица 3

Сравнение результатов методов на изображениях

Алгоритмы	Dataset	mAP	FPS
Cascade Detector	Dataset	66,1 %	78
YOLO v4	Dataset	75,4 %	52
Faster R-CNN	Dataset	71,3 %	4



Рис. 9. Результат детектирования детектора YOLO реализованного в Matlab



Рис. 10. Результат детектирования детектора YOLO реализованного в Python

Исходя из результатов, самым лучшим и оптимальным детектором стал YOLO.

Заключение

В данной работе рассмотрены основные аспекты беспилотных систем и их особенностей, рассмотрены подобные интеллектуальные транспортные системы. Были рассмотрены методы детектирования мобильных объектов, а также был выбран самый оптимальный детектор YOLO. Беспилотные интеллектуальные системы помогут снизить количество ДТП, жертвы, а также экономические расходы всех стран на них.

Список литературы

1. Распознавание образов транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения / В.В. Мокшин [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 5. – С. 130-137.

2. Многоклассовое обнаружение и отслеживание транспортных средств в видеопоследовательности / В.В. Мокшин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. –№ 19. – С. 348-355.

3. Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / В.В. Мокшин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 18. – С. 297-303.

Подход к оцениванию устойчивости процесса функционирования Веб-браузеров с использованием серверов

К. В. Торгашов, email: torgashov18@mail.ru
А. В. Алямкин, email: Alexandralyamkin@yandex.ru
М. А. Кожевников, email: kmaxss@yandex.ru
Г. В. Васильев, email: gleb_mesarthim@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе проводится исследование кросс-протокольных атак на TLS в целом и систематическое исследование на примере веб-серверов, перенаправляющих HTTPS-запросы от веб-браузера жертвы на SMTP, IMAP, POP3 и FTP-серверы.*

Ключевые слова: *кросс-протокольная атака, веб-браузер, веб-сервер, сниффинг, SMTP, IMAP, POP3, FTP*

Введение

TLS широко используется для обеспечения конфиденциальности, подлинности и целостности протоколов прикладного уровня, таких как HTTP, SMTP, IMAP, POP3 и FTP [1-5]. Однако TLS не связывает TCP-соединение с целевым протоколом прикладного уровня. Это позволяет злоумышленнику перенаправить трафик TLS на другую конечную точку службы TLS на другом IP-адресе и/или порту [6].

Провести оценку реального ущерба от атаки веб-браузеров и широко распространенных серверов электронной почты и FTP можно в лабораторных экспериментах и при сканировании всего Интернета. Сделать это можно посчитав количество веб-серверов, уязвимых для кросс протокольных атак, узнав процент веб-серверов, которые могут быть атакованы с использованием уязвимого сервера приложений и рассмотрев эффективность расширений TLS, таких как Application Layer Protocol Negotiation (ALPN) и Server Name Indiciation (SNI), в смягчении этих и других межпротокольных атак.

1. Оценка веб-браузеров

Была произведена оценка поведения браузеров, относящееся к кросс-протокольным атакам, для Chrome 86, Firefox 81, Internet Explorer 11, Edge Legacy 44, Edge 86, Opera 71 и Safari 14 путем ручного доступа к пользовательскому веб-серверу с одной тестовой страницей для каждого оцениваемого свойства. Результаты исследования показаны на рис. 1.

© Торгашов К. В., Алямкин А. В., Кожевников М. А., Васильев Г. В., 2022

Results	Chrome	Firefox	IE	Edge Legacy	Edge	Opera	Safari
Header Lines	17	11	11	12	17	17	11
Content Sniffing	○	○	●	●	○	○	○
Keep-Alive							
w/ HTTP/1.1	●	●	●	●	●	●	●
w/ noise	○	○	○	○	○	○	○

● Support ○ No support

Рис. 1. Поведение браузера, относящееся к кросс-протокольным атакам

Оцениваемые параметры описанных выше браузеров:

Количество строк заголовка. Для каждого браузера было определено, сколько строк заголовка включено в типичный POST-запрос, отправляемый браузером. Это также минимальное количество ошибок, которое должен допускать сервер приложений с текстовым протоколом на основе строк, чтобы быть пригодным для кросс-протокольных атак. Было установлено, что все браузеры отправляют заголовки, состоящие из 11-17 строк.

Контент-сниффинг. Атаки отражения и загрузки могут быть чувствительны к шуму в протокольных данных, возвращаемых сервером приложений. Для каждого браузера было проверено, выполняет ли браузер сниффинг содержимого и выполняет ли он встроенный JavaScript в любом случае. Было подтверждено, что это действительно так для Internet Explorer и Edge Legacy, в то время как все остальные протестированные браузеры не выполняют контент-сниффинг и, следовательно, не выполняют JavaScript в шумных ответах.

Повторное использование соединения. Отправка более одного запроса в одном межпротокольном соединении может быть выгодна злоумышленнику. Стандарт HTTP/1.1 по умолчанию определяет постоянные соединения между клиентом и сервером для нескольких HTTP-запросов. Таким образом, браузер должен повторно использовать TCP-соединение, если используется стандарт HTTP не ниже версии 1.1 и сервер не отправил HTTP-заголовок Connection: close.

Наличие данного поведения было проверено для Chrome, Edge, Edge Legacy, Firefox, Internet Explorer, Opera и Safari. Все браузеры повторно используют соединение после получения действительного ответа, содержащего как минимум строку Status-Line и Content- Length. Chrome, Firefox и Opera даже принимают строку состояния, состоящую только из

HTTP-Version без Status-Code или Reason-Phrase. Internet Explorer и Edge требуют полную Status-Line. Ни один из браузеров не использует соединение повторно, если первая строка ответа не начинается с маркера HTTP. Это актуально для атак на загрузку, основанных на повторном использовании соединения, которые включают протокольный шум в начале ответа, что сводит на нет цель отправки нескольких запросов в одном и том же TLS-соединении.

2. Стратегии нападения

Кросс-протокольные атаки на HTTPS могут быть выполнены с использованием SMTP, IMAP, POP3 и FTP в качестве серверов приложений. С помощью этих протоколов могут быть произведены атаки на загрузку, скачивание и отражение [7-12].

Были определены следующие стратегии для реализации атак загрузки, скачивания и отражения на HTTPS с использованием серверов приложений SMTP, IMAP, POP3 и FTP:

Атаки на отражение. Все описанные выше протоколы являются линейными протоколами. Они интерпретируют каждую строку запроса HTTPS как команду и генерируют ответ на каждую. Если реализация получает команду, она может использовать некоторые данные из ввода в своем ответе. Например, отправка команды HELP <script> attack(); </script> на FTP-сервер может привести к ответной команде Unknown command:<script>attack();</script>. Обычно, как и в случае с SMTP, POP3 и FTP, наличие таких векторов отражения является артефактом реализации, зависящим от многословности сообщений об ошибках и других факторов. Но в IMAP каждая команда должна начинаться с так называемого тега, который должен быть отражен, чтобы клиент мог сопоставить ответ сервера на выданную команду. Хотя этот вектор отражения предписан стандартом протокола, допустимый набор символов может отличаться в разных реализациях.

Отраженные ответы, скорее всего, содержат некоторый "шум" до и после отраженной полезной нагрузки. В этом случае браузер должен поддерживать контент-сниффинг, чтобы разрешить отраженную XSS-атаку.

Атаки на загрузку и выгрузку данных по FTP. FTP использует два отдельных соединения для команд и данных. Таким образом, атакующий MitB запускает два запроса в браузере. Первый запрос изменяет состояние FTP-сервера таким образом, что он открывает порт данных для клиента, чтобы загрузить или выгрузить файл. Хотя сервер возвращает клиенту номер порта данных, этот ответ хранится в контексте браузера целевого веб-сервера и недоступен для злоумышленника. Таким образом, атакующему приходится перебором подбирать нужный порт данных на

сервере, как при атаке захвата портов. Затем злоумышленник запускает второй запрос в браузере и перенаправляет его на порт данных. При атаке на загрузку полный HTTP-запрос, включая все секретные файлы cookie в заголовке, хранится на FTP-сервере, где злоумышленник имеет доступ на чтение. При атаке на загрузку злоумышленник сначала готовит правильный HTTP-ответ с вредоносной полезной нагрузкой JavaScript и сохраняет его на FTP-сервере. При атаке на загрузку ответ возвращается клиенту.

Для атак на загрузку ответ FTP-сервера на соединение для передачи данных не содержит никаких протокольных помех, поэтому он работает в любом браузере независимо от наличия контент-сниффинга.

Атаки на выгрузку электронной почты. SMTP и IMAP могут использоваться для отправки или сохранения электронных писем на контролируемую злоумышленником учетную запись электронной почты и, таким образом, подходят для атак выгрузки. POP3 не поддерживает загрузку пользовательских данных.

Для SMTP злоумышленник MitB может вызвать в браузере запрос на вход в учетную запись злоумышленника на сервере и начать отправку электронного письма в эту учетную запись. Для IMAP запрос входит в учетную запись злоумышленника на IMAP-сервере и сохраняет черновик письма в контролируемой злоумышленником папке. В любом случае, первоначальный запрос подготавливает сервер к состоянию, в котором, если он получит второй запрос браузера, использующий то же соединение, содержимое всего запроса (включая cookie в заголовке) будет передано злоумышленнику.

Следует обратить внимание на то, что два запроса, инициированные атакующим MitB, используют не одно и то же, а разные TLS-соединения, поэтому FTP-атаки на загрузку работают независимо от повторного использования соединения в браузере.

Атаки на загрузку электронной почты. IMAP и POP3 могут использоваться для загрузки электронных писем с контролируемой злоумышленником учетной записи электронной почты и, таким образом, подходят для атак на загрузку. SMTP не поддерживает загрузку данных.

Для IMAP и POP3 злоумышленник MitB может вызвать в браузере запрос, содержащий команды для входа в аккаунт злоумышленника на сервере, выбрать почтовый ящик и получить письмо, содержащее вредоносную полезную нагрузку, ранее сохраненную там злоумышленником. Ответ сервера IMAP или POP3 будет содержать содержимое всего письма, включая тело письма с вредоносной полезной нагрузкой.

Ответы серверов IMAP и POP3 включают всю транзакцию запроса, включая баннер сервера, любые сообщения об ошибках, ответы на команды login и другие команды, которые предшествуют содержимому загруженного письма. На практике атаки на скачивание электронной почты успешны только в том случае, если браузер жертвы поддерживает функцию контент-сниффинга.

3. Блокирование портов

В качестве обходного пути для противодействия ранним кросс-протокольным атакам с 2001 года браузеры блокируют доступ к определенным известным портам.

Как и ожидалось, большинство браузеров блокируют доступ к портам, используемым SMTP, IMAP, POP3 и FTP, за некоторыми исключениями. Например, порт 990 не заблокирован ни в одном из протестированных браузеров, поэтому кросс-протокольные атаки с использованием FTPS все еще возможны. Кроме того, Edge Legacy и Internet Explorer не блокируют порты 465 (SMTPS) и 995 (POP3S), что позволяет проводить кросс-протокольные атаки, использующие эти службы. С другой стороны, эти браузеры блокируют доступ к открытым (не-TLS) вариантам этих протоколов на портах 25 (SMTP) и 110 (POP3).

Поэтому из-за блокировки портов атаки не должны работать в сценарии чистого веб-атакера, если сервис не работает на нестандартном порту. На практике это не является нереальным, поскольку службы часто развертываются на нестандартных портах по различным административным причинам.

Еще одним препятствием, с которым приходится иметь дело в модели чистого веб-атакующего, являются межсайтовые ограничения, связанные с политикой одинакового происхождения (SOP), включая политику cookie . Доступ к DOM из одного места происхождения (идентифицируемого кортежем protocol: //host: port) в другое место происхождения не разрешен. Однако Edge Legacy и Internet Explorer игнорируют номера портов в SOP. Например, host:995 (POP3S) имеет доступ к host:443, что позволяет манипулировать DOM (т.е. читать или писать содержимое сайта, вставлять теги сценариев и т.д.). Более того, существуют технологии, такие как CORS, позволяющие пробивать дыры в SOP.

SOP является более мягким, когда речь идет о cookies. Как указано в RFC 6265, cookies не зависят от порта. Например, host:995 может получить доступ к файлам cookie для host:443 во всех протестированных браузерах. Доступ к файлам cookie для субдоменов возможен только в том случае, если явно установлен флаг Domain.

Политика установки cookie еще менее строга, поскольку поддомену разрешается устанавливать cookie для верхнего домена. Например, pop3. host: 99 S может установить cookie для host:443 во всех браузерах, что может привести к атакам фиксации сеанса, когда злоумышленник блокирует пользователя в сеансе, уже контролируемом атакующим, еще до того, как пользователь вошел в систему.

Заключение

Таким образом, был оценён реальный ущерб от атаки веб-браузеров и широко распространенных серверов электронной почты и FTP. Установлены методы атаки веб-серверов с использованием уязвимого сервера приложений. Проанализирована эффективность расширений TLS, таких как Application Layer Protocol Negotiation (ALPN) и Server Name Indiciation (SNI), для смягчения этих и других межпротокольных атак.

Список литературы

1. Диченко, С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. – под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 697-701.

2. Горбачев, И. Е. Особенности обеспечения ИБ критической инфраструктуры с учетом специфики АСУ ТП / И. Е. Горбачев, Р. В. Лукьянов, А. М. Сухов // Защита информации. Инсайд. – 2016. – №2 (68). – С. 30-37.

3. Dichenko, S. Two-dimensional control and assurance of data integrity in information systems based on residue number system codes and cryptographic hash functions / S. Dichenko, O. Finko // Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe. – 2018. – P. 139-146.

4. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности данных в защищенных информационно-аналитических системах / С. А. Диченко, О. А. Финько // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2021. – № 676. – С. 36-49.

5. Диченко, С. А. Контроль и восстановление целостности многомерных массивов данных посредством криптокодовых конструкций / С. А. Диченко, О. А. Финько // Программирование. – 2021. – № 6. – С. 3-15.

6. Сухов, А. М. Алгоритм применения методов и моделей противодействия компьютерным вторжениям / А. М. Сухов,

С. В. Калиниченко, В. И. Якунин // Защита информации. Инсайд. – 2016. – № 6 (72). – С. 38-41.

7. Казарин, И. С. Обзор сетевых атак на информационные системы / И. С. Казарин, Е. М. Михайлова // В сборнике: Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. Сборник материалов XXXIX Молодежной международной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.С. Чернова. – 2017. – С. 140-148.

8. Сухов, А. М. Методика моделирования процесса функционирования системы обнаружения вторжений в компьютерную сеть в задачах исследования эффективности / А. М. Сухов, И. Е. Горбачев, В. И. Якунин // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2017. – № 2. – С. 23-30.

9. Диченко, С. А. Безопасные генераторы псевдослучайных линейных последовательностей на арифметических полиномах для защищенных систем связи / С. А. Диченко, О. А. Финько // Нелинейный мир. – 2013. – Т. 11. – № 9. – С. 632-645.

10. Сачков, И. К. Автоматизация противодействия бот-атакам / И. К. Сачков, А. Н. Назаров // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8. – № 6. – С. 5-9.

11. Диченко, С. А. Снижение вводимой избыточности при обеспечении устойчивости информационно-аналитических систем в условиях компенсации последствий деструктивных воздействий злоумышленника / С. А. Диченко, О. А. Финько // Автоматизация процессов управления. – 2020. – № 4 (62). – С. 38-48.

12. Дементьев, В. Е. Понятийный аппарат протокольной защиты информационно-телекоммуникационной сети / В. Е. Дементьев, А. В. Дементьева, Д. А. Маняшин // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей. – 2016. – С. 70-74.

Нормализация фотографий физических лиц в информационной системе

В. В. Фертиков, email: fvv@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Описан алгоритм преобразования персональных фотографий для приведения их к стандартной форме и опыт его применения в информационной системе Воронежского госуниверситета.*

Ключевые слова: *обработка изображений, обнаружение лиц, выравнивание гистограмм, медианный фильтр, геометрическое преобразование, требования к фотографиям на документы.*

Введение

В течение ряда последних лет информационная система поддержки приемной кампании Воронежского госуниверситета реализует возможность удаленной подачи заявлений на поступление. В составе необходимого для формирования личных дел пакета электронных копий документов абитуриенты загружают свои фотографии. Процедура приема такого заявления предусматривает проверку предоставленных документов ответственными сотрудниками приемной комиссии, однако фотографии такой проверке не подлежат. Более того, правилами приема документов не предъявляются какие-либо специальные требования к загружаемым фотографиям, за исключением формата и ограничений на размер файлов изображений. Таким образом, приложенные к заявлению фотографии непригодны к использованию в информационной системе без определенной предварительной обработки. Предметом статьи является описание алгоритма обработки фотографий, позволяющего в автоматическом режиме добиться приемлемых результатов нормализации в подавляющем большинстве опытов.

1. Постановка задачи нормализации

На рисунке показаны примеры загруженных абитуриентами фотографий, иллюстрирующие постановку задачи их обработки. Попытка классифицировать изображения по видам наборов необходимых преобразований привела к следующим наблюдениям.

1. Как правило, большинство изображений, представленных скан-копиями, неправильно кадрированы. Размещение фотографий может быть в произвольном месте сканированной страницы. Угол поворота

© Фертиков В. В., 2022

также может быть произвольным, хотя в большинстве случаев он близок к кратному 90°.

2. Скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье или фотоцентре, содержат несколько периодически расположенных на странице копий фотографий и снабжены дополнительными надписями. В некоторых случаях периодичность расположения нарушается, например, если часть фотографий ранее уже использована (отрезана) и отсутствует на скан-копии. Некоторые фотографии снабжены рамками и другими реперными знаками.



Рисунок. Примеры фотографий, требующих обработки

3. Фотографии, полученные абитуриентами самостоятельно при помощи мобильных устройств, также требуют кадрирования: в них не выдерживается соотношение горизонтального и вертикального размеров. В большинстве случаев фотографии включают широкие пустые поля на противолежащих краях, вертикальных или горизонтальных, в зависимости от ориентации камеры при съемке.

4. В качестве личной фотографии абитуриенты нередко представляют скан-копии документов с фотографиями либо соответствующих их фрагментов, включающих фотографии. Автоматическое обнаружение и сегментация лица в этом случае требует дополнительных решений, поскольку подобные изображения искажены присутствием водяных знаков, узора, а также наличием перспективных преобразований.

5. Независимо от способа их получения, фотографии анфас можно подразделить на два вида, в зависимости от соотношений размера лица и доступного для обработки размера изображения. Фотографии с «крупными» лицами, размеры которых по ширине превышают половину ширины изображения, необходимо кадрировать способом, отличающимся от противоположного случая «мелких» лиц.

Конечной целью обработки можно считать изображение, в допустимых пределах соответствующее официальным требованиям к фотографиям на документы. Подобные требования для нашей страны изложены, например, в [1]. В частности, пункт 36 указанного Регламента формулирует требования к личным фотографиям и, помимо прочего, к геометрии размещения лица в кадре.

2. Выявление областей интереса для поиска лиц

На первом шаге алгоритма реализуется поиск месторасположения фотографии на изображении. Целью данной предварительной обработки является получение прямоугольной области изображения (roi – region of interest), пределами которой можно было бы ограничить площадь обнаружения лиц на следующем шаге. Существенного выигрыша в быстродействии можно добиться на изображениях со скан-копиями фотографий небольшого размера, размещенных в кадре большой площади, например, формата А4. Результирующая область должна охватить пиксели, свойства которых по определенной статистике отличаются от свойств внешних пикселей. Испытаны некоторые известные решения, в том числе, сегментация по морфологическим водоразделам [2] и алгоритм GrabCut [3]. Однако наилучшим по соотношению быстродействие/надежность признан простой алгоритм, основанный на просмотре изображения, обработанного медианным фильтром [2] с намеренно завышенным размером прямоугольного окна. Результат обработки содержит только наиболее крупные детали объектов и в то же время не теряет информации об их пространственном расположении. Чувствительность алгоритма к изменениям свойств деталей выбрана с определенным запасом, поскольку цена ошибки пропуска лица существенно выше цены ложной тревоги.

3. Обнаружение лиц и оценка надежности

В качестве основного инструмента обнаружения используется метод Виолы – Джонса [4]. Перед его применением область roi преобразуется к изображению в градациях серого и по возможности масштабируется для уменьшения вычислительной сложности последующих операций. На заключительном шаге предварительной обработки выполняется гистограммное выравнивание [2], представляющее собой определенную традицию применения метода.

Основная идея получения оценки надежности обнаружения состоит в последовательном применении нескольких классификаторов, обученных на изображениях лица и его деталей. Первоначально обнаружитель лиц применяется к области roi целиком. Затем все области детектированных лиц проходят дополнительную проверку применением к ним еще трех классификаторов с попыткой обнаружения в пределах каждого лица его деталей: глаз, носа и рта. Заметим, что детекторы деталей лица являются существенно менее надежными, особенно в условиях применения к объектам с неизвестным углом поворота. Например, велика вероятность ложного обнаружения рта в верхней части перевернутого лица. Таким образом, результаты обнаружения деталей дополнительно анализируются для выявления ложных срабатываний детекторов. При этом проверяются простые геометрические правила, определяющие допустимое расположение деталей в пределах лица и их взаимное расположение относительно друг друга. Опытным путем выработана следующая последовательность проверок.

1. В области, занимаемой обнаруженным лицом, детектируются глаза, которые должны находиться в верхней его части. Если обнаружено несколько пересекающихся областей глаз, выбирается наибольшая по размеру.

2. Детектируется нос. Если обнаруживается несколько областей, выбирается ближайшая к центру лица. Окончательно область отбраковывается, если она находится не в средней части лица.

3. Детектируется рот (наименее надежное обнаружение). Отбраковываются области, пересекающиеся с ранее обнаруженными глазами и носом, либо расположенные вне нижней трети области лица. Из оставшихся областей выбирается наибольшая по размеру.

4. Если детали лица не обнаружены, подтверждением надежности может служить наличие определенного периода расположения лиц, характерного для упомянутых в разделе 1 скан-копий фотографий, изготовленных в фотоателье.

При отсутствии надежно обнаруженных лиц область roi исследуется на их наличие после поворота. В данной реализации алгоритма

последовательно перебираются три угла поворота, кратные 90°, до получения надежного детектирования лица. В данном случае преобразование поворота исходной области roi производится очень быстрыми операциями отражения и/или транспонирования матрицы изображения. Опыт использования алгоритма показал, что проверки четырех вариантов поворота достаточно не только для обнаружения лица, но и для решения конечной задачи: наличие небольшого поворота лица на результирующей фотографии при соответствующем выборе положения границ кадра не влияет определяющим образом на ее качество.

4. Размещение границ кадра

Реализация операции кадрирования ориентирована, прежде всего, на соблюдение упомянутых в разделе 1 требований к фотографиям на документы. Такой выбор кадра для некоторых изображений приводит к некачественному результату с позиции учета их содержимого. Например, удовлетворяющая требованиям рамка может выходить за пределы изображения или захватывать области смежных на скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье. Сделана попытка найти компромиссное решение при размещении границ кадра.

Выработано следующее правило центровки лица в кадре: центр рамки совмещается либо с верхом области рта, в случае его обнаружения, либо с центром области обнаруженного носа. Если рот и нос не обнаружены, совмещение производится с геометрическим центром всей области лица. Последнее правило действует для фотографий с «крупными» лицами (см. раздел 1) независимо от наличия или отсутствия обнаруженных деталей.

Размер результирующего кадра рассчитывается по размерам обнаруженной области лица с учетом требований к фотографиям на документы: соотношение размеров сторон кадра и допуски на размещение лица относительно рамки кадра. Дополнительно размер кадра может корректироваться следующими тремя способами.

1. При обработке скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье, на предыдущем шаге алгоритма обнаруживается несколько лиц, периодически расположенных на изображении. Если это обнаружение квалифицировано как надежное, производится определение горизонтального и вертикального периодов размещения лиц. Если периодичность нарушена (см. раздел 1), величины периодов заменяются минимальными расстояниями по горизонтали и вертикали между соседними фотографиями. Размеры результирующего кадра могут быть скорректированы, поскольку не должны превышать величину периодов.

При этом коррекция должна сохранять соотношение сторон кадра. Выбор конкретной копии лица для результирующей фотографии производится по максимальной оценке надежности его обнаружения, а при прочих равных выбирается самое верхнее на изображении. Последнее правило уменьшает вероятность захвата в кадр служебных или рекламных надписей, которые чаще всего размещаются внизу.

2. Для проверки качества автоматической установки рамки используется уже упомянутый алгоритм GrabCut [3]. Производится бинарная сегментация тестируемого кадра по маркерам переднего плана, совпадающим с областью обнаруженного лица. Маркеры фона образует тестируемая рамка кадра. Сегментированная область проверяется на связность и соответствие размеров и формы ожидаемым, согласно использованным ранее требованиям к фотографиям на документы. В данном случае автоматическая корректировка кадра не производится, но результаты тестирования сохраняются в роли дополнительной оценки качества полученной фотографии.

3. Делается попытка обнаружения реперных рамок на фотографиях, изготовленных в фотоателье. Поиск прямых линий на изображении осуществляется применением преобразования Хафа [2]. Предварительно копия изображения в градациях серого обрабатывается медианным фильтром для подавления помех и бинаризуется. Найденные отрезки прямых линий селектируются по допускам на величину угла наклона и положение по отношению к тестируемой рамке результирующего кадра. Нам не удалось реализовать алгоритм надежного обнаружения реперной рамки, обеспечивающего возможность автоматической коррекции кадра. Поэтому он используется в разработанном приложении в качестве инструмента для опционального применения.

Последнее правило кадрирования касается фотографий с одним надежно обнаруженным лицом. Если автоматически рассчитанная рамка не помещается в пределах изображения, она не применяется для обрезки кадра и изображение передается на выход алгоритма целиком. Как правило, этот случай соответствует варианту, который мы назвали фотографией с «крупным» лицом.

Заключение

Описанный алгоритм реализован в качестве основного инструмента приложения – клиента системы управления базами данных Oracle и прошел апробацию в информационной системе Воронежского госуниверситета. Приложение реализовано с применением библиотеки Qt [5] на языке программирования C++. Процедуры обработки изображений используют библиотеку компьютерного зрения OpenCV [6].

Помимо описанного сервиса автоматической обработки потока изображений, сохраненных в базе данных, приложение реализует пользовательский интерфейс с инструментами ручной коррекции результатов. В частности, оператор может устанавливать рамку кадра и выбирать угол поворота изображения. На момент написания статьи практическая эксплуатация приложения только началась: обработаны фотографии обучающихся, зачисленных в период последней приемной кампании. Испытания показали, что лишь для 1.5–3% фотографий (в зависимости от предпочтения операторов) результат автоматической обработки требует ручной коррекции. Из них подавляющее большинство ограничено установкой рамки и только 5% дополнительно использует заданное вручную преобразование поворота.

Список литературы

1. Об утверждении Административного регламента МВД РФ по предоставлению государственной услуги по выдаче, замене паспортов гражданина РФ, удостоверяющих личность гражданина РФ на территории Российской Федерации: Приказ МВД России от 16.11.2020 № 773: зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2020 № 62009. – Текст: электронный // КонсультантПлюс – надежная правовая поддержка: официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373184
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер с англ. под ред. П.А. Чочиа . – М. : Техносфера, 2005 . – 1070 с.
3. Boykov, Y. Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in N-d images / Y. Boykov, M.-P. Jolly // In Proc. of the International Conference on Computer Vision. – 2001. – Vol. 1. – P. 105-112.
4. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. J. Jones // Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. – Режим доступа : http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.10.6807
5. Qt – фреймворк для разработки кроссплатформенного программного обеспечения [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : https://www.qt.io
6. OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа : https://opencv.org

Методологические основы концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов автоматизированных систем специального назначения от вирусных атак

Р.А. Хворов, e-mail: khvoroff@rambler.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассмотрены теоретические основы адаптивного управления защитой информации объектов информационной инфраструктуры автоматизированных системах специального назначения.*

Ключевые слова: *Управление защищенностью, адаптивное управление, информационные ресурсы.*

Введение

Для понимания и трактовки адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов автоматизированных систем специального назначения (АС СН) от вирусных атак как исследуемого явления сформируем концепцию построения соответствующей исследовательской среды.

Изучение такого явления как адаптивное управление защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак, обусловлено наличием двух взаимосвязанных объектов исследования – угроз вирусных атак на информационные ресурсы и применяемых в рассматриваемой информационной инфраструктуре механизмов управления состояниями ее защищенности. Исходя из этого в качестве методологической основы данной концепции следует рассматривать теорию управление [1] и теорию информационной безопасности [2], а в качестве методической основы – закономерности практики обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий вирусных атак [3].

Концепция адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак

Концепция адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак, как и любая концепция, представляется теоретическими и прикладными основаниями. Теоретические основания позволяют сформулировать ряд

© Хворов Р. А., 2022

методологических положений относительно реализации управления защищенностью объектов рассматриваемого типа исходя из возможности адекватной оценки текущего и прогнозируемого ее состояний, а также методологических положений относительно возможности системного представления характеристик защищенности. Прикладные основания рассматриваемой концепции обусловливают возможность реализации принципов адаптивного управления процессами обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий вирусных атак на информационные ресурсы информационных ресурсов АС СН.

Основополагающими принципами, на которых базируется концепция являются принципы дифференциации исследуемого явления и интегрированности применяемого методологического аппарата. Принцип дифференциации в концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак предполагает структуризацию целевых функций исследуемых объектов – целевой функции вирусных атак и целевой функции процессов обнаружения, предупреждения и ликвидации их последствий. В соответствии со вторым принципом имеет место интегральное представление показателя защищенности информационных ресурсов АС СН от вирусных атак как управляемой характеристики.

Содержание концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак логически вытекает из содержания понятий «управляемость», «адаптация», «эффективность» и «защищенность».

В общем случае управляемость трактуется как «возможность целенаправленного перевода (перехода) системы посредством управления из одного состояния в другое – требуемое» [4]. В случае адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак под управляемостью будем понимать способность механизмов управления защищенностью осуществлять перераспределение используемых в АС СН временных ресурсов с целью обеспечения ее уровня выше требуемого.

Структура концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АСУ СН от вирусных атак представлена на рис. 1.

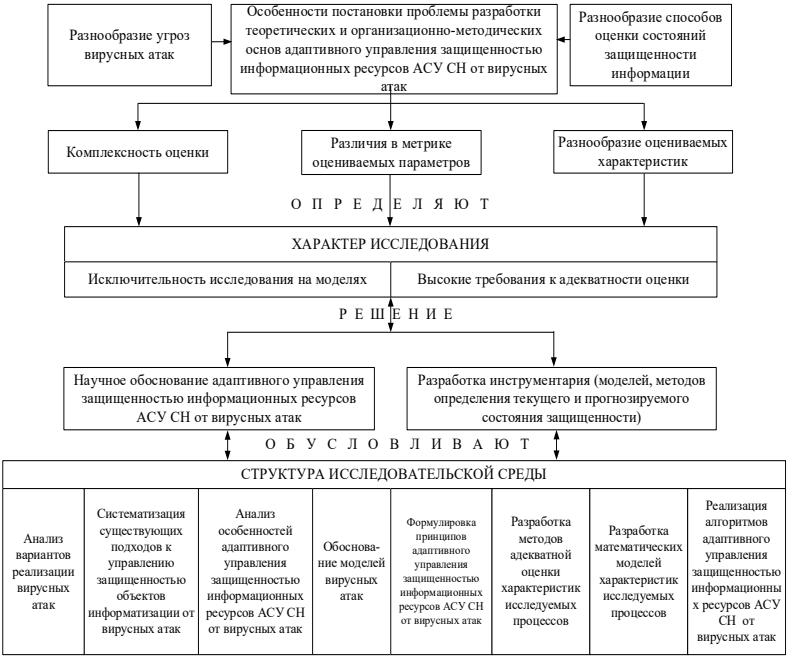


Рисунок. Содержание концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АСУ СН от вирусных атак

С целью анализа содержания адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак рассмотрим понятия адаптации. Согласно [5] адаптация это «(лат. adapto – приспособляю) – процесс приспособления системы к условиям внешней и внутренней среды».

В случае данного исследования под адаптацией будем понимать периодическую оценку состояния защищенности информационных ресурсов АС СН от вирусных атак с последующей функциональной реструктуризацией механизма антивирусной защиты с целью обеспечения уровня защищенности выше требуемого.

В общеметодологическом (философском) плане понятие «эффективность» (лат. efficientia) трактуется, как способность действующей причины произвести определённый эффект [6]. В случае данного исследования эффект будет состоять в обеспечении конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Исходя из этого под «защищенностью» информационных ресурсов АС СН от вирусных атак, будем понимать способность механизмов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз обеспечивать эффект восприятия нарушения безопасности информации, как одного из допустимых состояний используемой информационной технологии, обрабатываемого данными механизмами. Отсюда становится очевидным, что понятие «защищенность» информационных ресурсов АС СН от вирусных атак характеризует совокупность свойств механизмов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз, обусловливающих способность такого рода механизмов к реализации своей целевой функции – обеспечению значений характеристик конфиденциальности, целостности и доступности информации не ниже требуемого уровня. Кроме того, исходя из данного определения, предполагается наличие двух групп функциональных характеристик – характеристик угроз вирусных атак на информационные ресурсы информационных ресурсов АС СН и характеристик процессов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз.

Заключение

Таким образом, с учетом выше изложенного следует определить ряд общих положений, позволяющих сформировать структуру концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак. К таким положениям относятся следующие:

1. Разработка концептуальных решений по принципам адаптации процесса управления защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак к уровню такого рода угроз.

2. Характеристика возможностей нарушителя по реализации вирусных атак на информационные ресурсы информационной инфраструктуры АС СН и возможностей механизмов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз, как факторов, оказывающих влияние на их защищённость.

3. Формирование структурного представления процессов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий вирусных атак, как следствия такого рода угроз.

4. Обоснование системной классификации характеристик мер обеспечения защищенности информационных ресурсов АС СН от вирусных атак на основе анализа различных вариантов реализации такого рода угроз и процессов их обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий.

5. Формирование структуры методологического аппарата для исследования вирусных атак на информационные ресурсы АС СН и

процессов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз.

6. Выбор математических абстракций для формализованного представления исследуемых процессов, разработка соответствующих математических моделей.

7. Структурирование исследовательской среды для моделирования вирусных атак на информационные ресурсы АС СН и процессов обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий такого рода угроз с целью оценки характеристик исследуемых процессов.

8. Выбор инструментальных средств для идентификация состояний защищенности информационных ресурсов АС СН

9. Формирование условий, обеспечивающих реализацию адаптивного управления механизмами обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий вирусных атак.

Список литературы

1. Земедлина, Е. А. Теория управления / Е. А. Земедлина. – М. : Риор, 2017. – 752 с.

2. Кузнецов, Н. А. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы / Н. А. Кузнецов, Е. А. Микрин, В. В. Кульба. – М.: Наука, 2016. – Т. 1. – 496 с.

3. Указ Президента РФ от 22 декабря 2017 г. № 620 «О совершенствовании государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации».

4. Кибернетика конструктивная. Словарь терминов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.rdcn.ru/theory/dictionary.shtml

5. Ильичев Ф., Федосеев П. Н. Философский энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 840 с.

6. Фролов, И. Т. Философский словарь / И. Т Фролов. – М. : Политиздат, 1991. – 470 с.

Метод классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови

Е. М. Черных, e-mail: jaddyroot@gmail.com
В. М. Михелев, e-mail: mikhelev@bsu.edu.ru

«Белгородский государственный национальный исследовательских университет» (НИУ «БеЛГУ»)

Аннотация. *В данной работе представлен метод классификации лейкоцитов на цифровых снимках клеток крови, полученных с помощью оптического микроскопа. Разработанный метод базируется на алгоритмах машинного обучения и включает в себя три этапа. Поочередное выполнение сегментации лейкоцитов, дополнительной обработки и обнаружения сегментированных объектов, а также заключительного этапа классификации распознанных клеток позволяет повысить точность результатов, полученных на предыдущем шаге. Приведенные результаты вычислительного эксперимента показали высокую точность работы предложенного метода, его эффективность и универсальность.*

Ключевые слова: *обработка изображений, распознавание образов. машинное обучение, сегментация, классификация лейкоцитов.*

Введение

На фоне существующих опасных диагнозов, а также растущей заболеваемости людей по причине охватившей весь мир пандемии, проблема своевременной постановки диагноза еще на начальной стадии развития заболевания стоит сейчас крайне остро. Одним из наиболее распространенных методов диагностики и оценки состояния здоровья человека является общеклинический анализ крови, а именно исследование состава лейкоцитов в пробе крови (лейкоцитарная формула). Эти белые клетки крови, являясь агентами иммунной системы человека, наиболее точно отражают информацию о любых проблемах и патологиях в организме [1]. Таким образом, вовремя обнаружив изменение уровня лейкоцитов определенного типа в крови, можно своевременно диагностировать заболевание, либо же назначить дополнительные исследования для уточнения деталей.

На протяжении нескольких десятков лет процесс подсчета и классификации лейкоцитов являлся кропотливой, преимущественно ручной работой, требующей больших временных затрат [2], а результат

© Черных Е. М., Михелев В. М., 2022

такого анализа, выполняющегося специалистом с помощью микроскопа, получался сильно субъективным, поскольку зависел от знаний и опыта лаборанта. Однако в настоящее время в данной сфере получили распространение автоматизированные программно-аппаратные комплексы и системы, которые позволяют вести подсчет, анализировать и классифицировать широкий спектр форменных элементов крови на загружаемых в них мазках. К подобным системам можно отнести проточные цитометры, комплексы CellaVision Diff master Octavia и CellaVision DM96 [3-4], которые применяются в различных лабораториях по всему миру. Однако, данные комплексы имеют значительный недостаток – высокая стоимость оборудования и его сложность, требующая определенного уровня квалификации у оператора. Наряду с этим, с момента появления цифровой камеры, также неуклонно возрастало число попыток автоматизировать цитометрию на основе полученных цифровых изображений. Исследователи из разных стран предлагают медицинские решения на основе методов и алгоритмов компьютерного зрения совместно с машинным обучением, год за годом повышающих свою надежность в решении задач анализа изображений. Но, к сожалению, значительная часть данных решений и методов непригодны для реальной медицины, так как их разработка и тестирование несли скорее научный характер, нежели пригодный для практического применения в сфере здравоохранения.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что доступный эффективный метод решения задачи подсчета и классификации лейкоцитов на цифровых изображениях, который бы позволял быстро и качественно получать результаты анализа снимков, обеспечивая достаточную для практической медицины точность работы, до сих пор отсутствует, и его разработка сейчас – одна из первостепенных и актуальных задач клинической медицины.

Таким образом, в рамках данной работы, объектом проведенного исследования выступали цифровые цветные изображения клеток крови, а предметом исследования – метод классификации лейкоцитов на данных изображениях.

1. Теоретические основы предлагаемого метода

В ходе проведенного анализа подходов к решению данной проблемы, было установлено, что современные исследователи подходят к решению задачи классификации лейкоцитов на изображениях в несколько этапов, среди которых наиболее часто встречаются: предварительная обработка изображения; сегментация и/или обнаружение лейкоцитов; извлечение признаков из обнаруженных

клеток; этап классификации клеток. Предлагаемый метод состоит из трех этапов работы с исходным изображением:

Сегментация, цель которой – выделить области, содержащие лейкоциты, из исходного изображения относительно общего фона и других форменных элементов на снимке. В ходе проведения анализа по поиску метода сегментации лейкоцитов, который бы обеспечивал наибольшую эффективность и универсальность, было принято решение использовать в сверточную нейронную сеть архитектуры U-net, повысив ее начальную точность за счет трансферного обучения – техники, которая предоставляет возможность применить уже обученную для решения одной задачи модель для решения другой целевой задачи. В данной работе предлагается использовать трансферное обучение для того, чтобы обучить U-net на основе больших и сложных архитектур, которые были предварительно обучены на большом наборе данных ImageNet, состоящим из более 14 миллионов изображений нескольких тысяч различных классов [5]. В качестве предобученных моделей в данной работе используются архитектуры InceptionResNetV2 и две разные модели семейства EfficientNet. На рис. 1 приведены результаты сегментации для нескольких различных изображений. Для повышения конечное точности сегментации было предложено объединить три данные модели в ансамбль. В данной работе используется создание ансамбля на основе именно взвешенного голосования: прогноз каждой модели умножается на вес, после чего вычисляется их среднее значение, которое и является конечным результатом работы ансамбля [6]. Результатом этапа сегментации является черно-белое изображение (бинарная маска), где белые пиксели характеризуют области с лейкоцитами, а черные – все прочие пиксели. В большинстве случае, дальнейшая работа с необработанной бинарной маской может привести к плохим результатам классификации по причине наличия артефактов и ложно обнаруженных объектов.

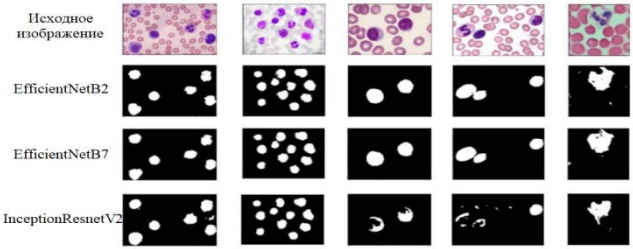


Рис. 1. Примеры результатов сегментации различными моделями

Дополнительная обработка результатов сегментации, **обнаружение** и **извлечение** сегментированных лейкоцитов является следующим модулем, который отвечает за обработку полученной в результате сегментации бинарной маски. Данная обработка направлена на устранение двух основных проблем: очистки результатов сегментации от артефактов, лишних пикселей, ложно сегментированных объектов и т. д., что достигается путем:

1. *математическая морфология*: операции замыкания и размыкания. Очищает изображение от лишних шумов и артефактов, сглаживает и незначительно увеличивает расширяет границы сегментированных объектов;

2. *расчет площадей объектов* на изображении. Выполняется маркировка связных областей пикселей (смежных, или имеющих одинаковое значение), а затем вычисляется площадь каждой маркированного области.

3. *очистка изображения* от объектов, площадь которых значительно меньше средней площади. На основе медианного значения среди всех полученных на предыдущем шаге площадей связных областей вычисляется средняя площадь объектов, поскольку, предполагается, что масштаб клеток может быть разным, но их площади лежат в одном среднем диапазоне. Очистка маркированных областей, которые значительно больше или меньше средней площади предполагаемых клеток, позволяет очистить бинарную маску от лишних объектов;

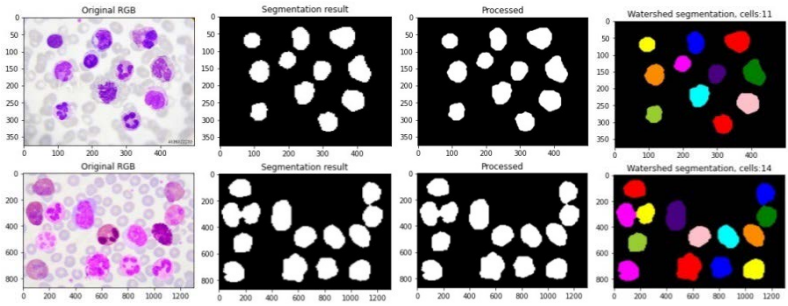
4. *применение алгоритма Watershed* для выделения связанных компонентов в отдельные объекты с учетом склеенных или наложенных друг на друга клеток;

5. *подсчет оставшихся объектов*, лежащих в пределах средней площади объектов;

6. *отрисовка контуров* вокруг объектов с небольшим отступом;

7. *извлечение объектов* из исходного цветного изображения на основе отрисованных контуров.

На рис. 2 показаны примеры промежуточных результатов модуля дополнительной обработки, среди которых можно увидеть, как выполняется сегментация оригинального изображения, как происходит очистка результатов сегментации, после чего применяется алгоритм Watershed для обнаружения и подсчета лейкоцитов на изображении с учетом того, что клетки могут быть склеены и/или перекрыты друг другом.



а б в г

а – исходные изображения, б – результат сегментации, в – результат дополнительной обработки, г – результат применения алгоритма Watershed

Рис. 2. Промежуточные результаты модуля дополнительной обработки

Классификация, поочередно выполняющаяся для извлеченных из исходного изображения областей с лейкоцитами относительно пяти основных классов этих клеток. Как и для решения задачи сегментации, при обучении сверточной нейронной сети использовалась техника Transfer Learning, в качестве предобученной модели в модуле классификации используется также упомянутая ранее архитектура InceptionResNetV2 [7], как показавшая наилучшие результаты работы модель. На рис. 3 изображены примеры результатов классификации извлеченных областей с лейкоцитами, где в верхней строке над изображением указан истинный класс клетки, а в нижней строке – класс, предсказанный моделью.

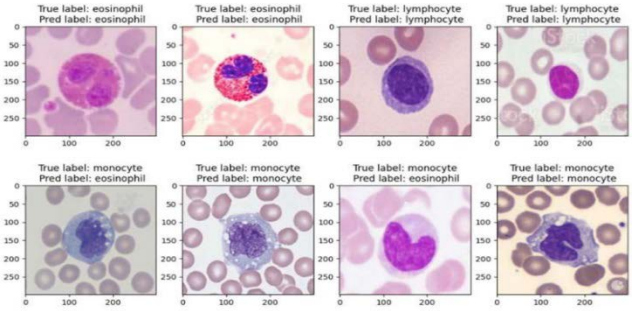


Рис. 3. Пример результатов классификации

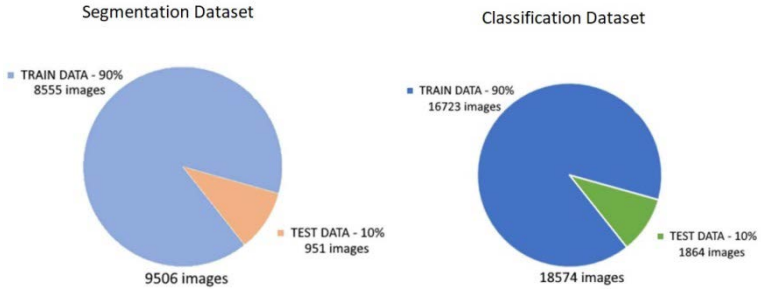
2. Исходные данные и их структура

Поскольку основная часть предлагаемого метода базируется на моделях сверточных нейронных сетей, для разработки метода предварительно потребуется выполнить обучение данных моделей. Первый модуль метода, отвечающий за сегментацию лейкоцитов, использует ансамбль трех объединенных вместе различных моделей, а третий модуль, выполняющий роль классификатора клеток, использует одну обученную модель. Обучение данных четырех моделей производилось раздельно, на различных наборах данных. Сравнивая результаты обучения моделей для сегментации и классификации, было обнаружено, что и в обоих случаях использование более, чем одного набора данных для обучения модели позволяет сделать ее более устойчивой к данным нового типа, что, соответственно, повышает ее конечную практическую значимость. По этой причине для обучения сегментационных моделей был использован составной датасет, состоящий из трех различных наборов данных. Аналогичным образом строится и второй датасет, для обучения модели решать задачу классификации: он сформирован из трех различных наборов данных.

Круговые диаграммы на рис. 4 отражают состав и структуру датасетов, которые использовались для обучения сегментационных моделей и модели-классификатора. Общее количество пар изображений, использовавшихся для обучения моделей сегментации – более 9500. 90% от этого объема было использовано для обучения моделей, а 10% – для оценки их точности. В этот составной набор вошли изображения из датасетов: от Jiangxi Tecom Science Corporation (Китай) и CellaVision [8], а также известная база данных LISC, собранная специалистами центра гематологии в Иране [9]. В состав второго датасета вошли следующие наборы данных: часть упомянутого ранее набора единичный клеток [8], но без использования бинарных масок, набор данных из репозитория Mendeley [9], а также классифицированные изображения лейкоцитов, распространяемые на открытом ресурсе Kaggle [10]. Более 18 тысяч картинок аналогичным образом разбиваются на 90% и 10% в качестве обучающей и тестовой подвыборок.

3. Вычислительный эксперимент

Ввиду того, что предлагаемый метод в большинстве своем базируется на работе обучаемых моделей искусственных нейронных сетей, для оценки точности данных моделей используется специальный подготовленный тестовый набор данных, который упоминался в предыдущем разделе. Важным условием формирования тестового набора данных является то, что входящие в него изображения не должны быть использованы для обучения модели.



а б

а – набор данных для сегментации, б – набор данных для классификации

Рис. 4. Структура обучающих наборов данных

Для оценки точности трех обученных сегментационных моделей было использовано 950 тестовых изображений, для которых модели выполняли сегментацию, и после чего полученные результаты сравнивались с истинными данными. В таблице ниже приведены полученные значения основных метрик, использующихся при оценке точности моделей: индекс Жаккара, используемый в качестве основного показателя точности при решении задачи сегментации изображений [11], точность, полнота и F-мера. В нижней строке таблицы можно увидеть также повышение значений данных метрик при объединении трех моделей в ансамбль.

Таблица

Показатели основных метрик обученных моделей при их оценке на тестовых данных

Модель	IoU, %	Accuracy, %	Recall, %	Precision, %	F1, %
EfficientnetB2	99.21	99.82	99.21	99.40	99.30
EfficientnetB7	99.41	99.87	99.55	99.42	99.48
InceptionResnetV2	99.22	99.82	99.34	99.28	99.31
Ансамбль моделей	99.48	99.88	99.57	99.52	99.54

На рис. 5 представлена матрица ошибок (confusion matrix), рассчитанная для ансамбля моделей.

При оценке точности работы классификационной модели была также использована отдельная тестовая выборка, содержащая более 1800 изображений и соответствующих им меток классов.

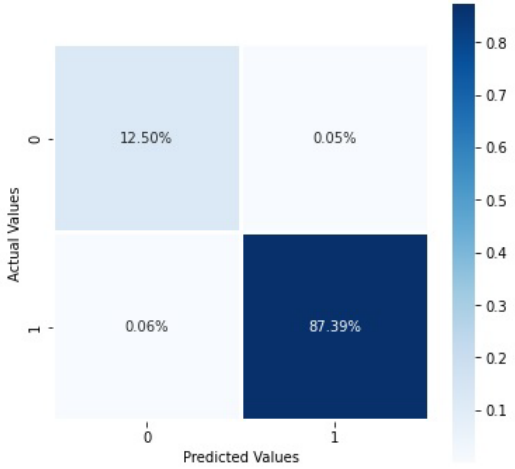


Рис. 5. Матрица ошибок (confusion matrix) для ансамбля моделей, решающего задачу сегментации

На рис. 6 представлена полученная матрица ошибок для классификатора, которая имеет большее число строк и столбцов, поскольку количество возможных классов для данной задачи равно 5, в отличие от задачи сегментации, которая по своей сути является в данном случае бинарной. Итоговая точность классификационной модели составила 92.69%

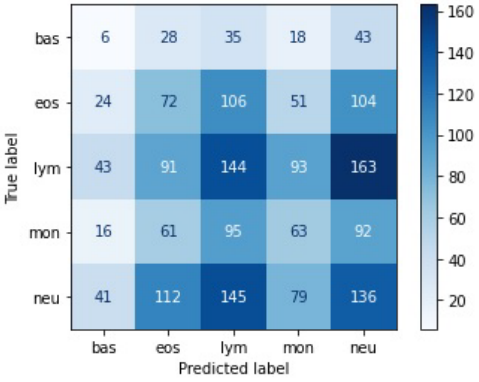


Рис. 6. Матрица ошибок для модели-классификатора

Заключение

Предложенный в данном исследовании метод классификации лейкоцитов на цифровых снимках форменных элементов крови позволяет упростить и ускорить процесс решения данной задачи за счет использования таких современных технологий, как алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения. Полученные в ходе проведения вычислительного эксперимента результаты тестирования показали, что метод обладает высокой точностью работы на каждом из трех этапов по отдельности, а также при их совместной работе в составе общего метода. Также предложенный метод нивелирует один из самых значительных недостатков существующих подходов – он обладает способностью к обобщению, являясь универсальным.

Данный метод классификации обладает высокой практической значимостью, поскольку может быть применен на практике в гематологических лабораториях как вспомогательный инструмент для определения лейкоцитарной формулы и подсчета лейкоцитов на цифровых изображениях.

Список литературы

1. Смирнова, О. В. Иммунометаболические механизмы развития острых лейкозов / О.В. Смирнова, А. А. Савченко, В. Т. Манчук. – Красноярск : КрасГМУ, 2011. – 124 с.
2. Черных, Е.М. Компьютерная система классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови / Е.М. Черных, В.М. Михелев // Научный результат. Информационные технологии. – 2019. – Т. 4. – № 3. – С. 38-47.
3. Performance evaluation of the CellaVision DM96 system: WBC differentials by automated digital image analysis supported by an artificial neural network / Kratz A. et al. //American journal of clinical pathology. – 2005. – Т. 124. – №. 5. – С. 770-781.
4. Differential counting of blood leukocytes using automated microscopy and a decision support system based on artificial neural networks–evaluation of DiffMasterTM Octavia / Swolin B. et al. //clinical & laboratory haematology. – 2003. – Т. 25. – №. 3. – С. 139-147.
5. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton //Advances in neural information processing systems. – 2012. – Т. 25. – С. 1097-1105.
6. Kuncheva, L. I. A weighted voting framework for classifiers ensembles / L. I. Kuncheva, J. J. Rodríguez //Knowledge and Information Systems. – 2014. – Т. 38. – №. 2. – С. 259-275.

7. Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning / C. Szegedy [et al.] //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2017. – T. 31. – №. 1.

8. Fast and robust segmentation of white blood cell images by self-supervised learning / X. Zheng [et al.] //Micron. – 2018. – T. 107. – C. 55-71.

9. A dataset of microscopic peripheral blood cell images for development of automatic recognition systems / A. Acevedo [et al.] //Data in Brief. – 2020. – Vol. 30.

10. A single-cell morphological dataset of leukocytes from AML patients and non-malignant controls (AML-Cytomorphology_LMU) /C. Matek [et al.] // The Cancer Imaging Archive (TCIA). – 2021.

11. Distance-IoU loss: Faster and better learning for bounding box regression / Z. Zheng [et al.] // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2020. – T. 34. – №. 07. – C. 12993-13000.

Использование методов машинного обучения в медицине

А. А. Чертилина, e-mail: nastya12.11@yandex.ru
В. В.Мокшин, e-mail: vladimir.mokshin@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – Каи

Аннотация. *В данной статье мы рассмотрим что такое машинное обучение, и как оно может помочь в предупреждении инсульта. Мы найдем основную группу риска по собранным данным и построим модель, которая будет помогать строить прогноз заболевания*

Ключевые слова: *инсульт, медицина, данные регрессия, машинное обучение.*

Введение

Ежедневно в сфере медицины генерируется большой объем данных. Это могут быть данные, полученные вследствие проведения теста над новыми медикаментозными средствами. Данные фиксируются и заносятся в таблицу. После проведения анализа, выявляются зависимости между отслеживаемыми параметрами, строятся статистические модели. И на выходе получаем то насколько действенно средство, насколько оно безопасно и какие последствия могут быть.

Так же может проходить сбор биоданных людей, обратившихся в медицинскую службу, совместно с их симптомами и диагнозами. В этом случае методы интеллектуального анализа данных помогут нам найти группу людей наиболее подверженных заболеванию, какие факторы наиболее явно могут сообщить о будущем заражении и так далее.

Так же данные, полученные опытным путем, можно использовать для машинного обучения. Создав тренировочную выборку из сходных данных, мы будем обучать программу предсказывать вероятность того, что человек болен. Что в будущем может помочь врачам ставить более точный диагноз или обнаруживать ранее не известные болезни.

В этой статье будет показана действенность методов машинного обучения в медицине, но относительно простом примере. Таком как вероятность того что человек в ближайшее время перенесет инсульт.

© Чертилина А. А., Мокшин В. В., 2022

1. Анализ модели

Для исследования берется готовая база данных с сайта Kaggle[1], в которой находится информация о пациентах. База данных содержит следующие столбцы:

1. Пол: "Мужской", "Женский" или "Другой"
2. Возраст: возраст пациента
3. Гипертония: 0, если у пациента нет гипертонии, 1, если у пациента гипертония
4. Сердечные заболевания: 0, если у пациента нет никаких сердечных заболеваний, 1, если у пациента есть заболевание сердца
5. Никогда не был женат: "Нет" или "Да"
6. Тип работы: "ребенок", " работа в правительстве ", "Никогда не работавший", "Частный" или "Самозанятый"
7. Тип местожительства: "Сельский" или "Городской"
8. Средний уровень глюкозы в крови
9. Имт: индекс массы тела
10. Инсульт: 0, если у пациента не было инсульта, 1, если у пациента был инсульт

Основу методов интеллектуального анализа данных составляют все возможные методы классификации, моделирования и прогнозирования. [2] Существует множество методов интеллектуального анализа, но в статье будут рассмотрены статистические методы (корреляционный анализ) и методы моделирования, прогнозирования.

Первым делом посмотрим количество перенесших инсульт и количество тех, кто здоров. Это соотношение можно увидеть на рис. 1.

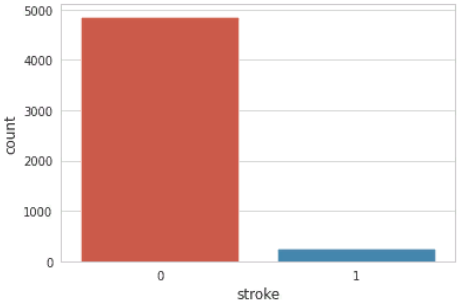


Рис. 1. Соотношение здоровых людей и людей перенесшим инсульт

Как видно из графика, база данных сильно несбалансированная так как людей, перенесших инсульт, слишком мало, в сравнении с теми, у кого

его не было. Из-за этого есть достаточно высокая вероятность, что при построении модели получим неточные данные. Поэтому нужно будет выполнить либо избыточную выборку, либо недостаточную.

В эксперименте участвовали как представители мужского пола, так и женского. Разделим выборку по гендерному признаку и посмотрим кто более подвержен риску заболевания. Результат можно увидеть на рис. 2.



Рис. 2. Соотношение заболевших к здоровым среди мужчин и женщин. Фиолетовым отмечены здоровые люди, розовым- перенесшим инсульт.

Как видно из рисунка, количество участвующих в эксперименте женщин и мужчин разное количество, но стоит отметить, что и та и другая категория подвержена равному риску сердечного инсульта.

Чтобы не перебирать вручную все параметры было бы неплохо увидеть корреляционную связь между разными переменными нашей базы данных. воспользуемся одним из средств интеллектуального анализа данных. На рисунке 3 представлена тепловая матрица, в которой цветом обозначаются значения связи между различными параметрами. Это коэффициенты корреляции. То есть, элемент на пересечении i-й строки и j-ого столбца является коэффициентом корреляции между этой строкой и этим столбцом.

Из матрицы видно, что инсульт сильнее всего связан с возрастом. Немного слабее связан с фактором гипертонии, сердечной болезни и средним уровнем сахара. И совершенно не зависит от гендера, бал ли человек женат, от того какая у него работа.

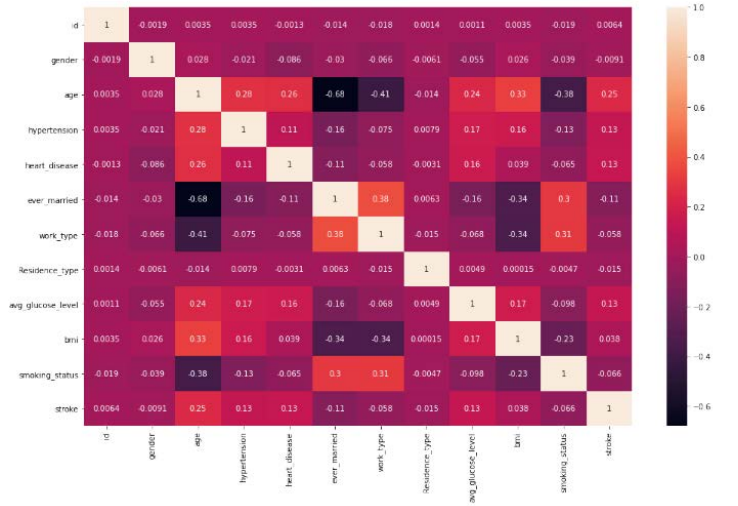


Рис. 3. тепловая карта корреляции

Все что было выше делалось ради обнаружения группы людей подверженной заболеванию. Так как выло выяснено, что вероятность наступления инсульта зависит от возраста, уровня сахара в крови и индекса массы тела, то построим графики регрессии, чтобы лучше понимать в какой момент человек становится более подвержен инсульту. Эти графики объединим в один рис. 4.

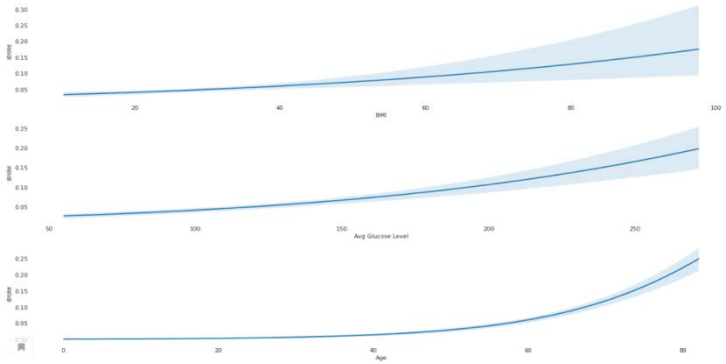


Рис. 4. изменение вероятности заболевания от массы тела, от сахара в крови, от возраста.

И получается, что при просмотре зависимости наступления инсульта от уровня массы тела на графике есть большой разброс по данным. Конечно, чем больше индекс, тем выше вероятность наступления инсульта. Основной наклон начинается с 40 кг/м^2, что соответствует третьей степени ожирения. Перейдем к следующему график. Зависимость уровня сахара в крови и вероятностью наступления инсульта. Здесь разброс куда меньше, но все еще существенный. График более крутой нежели в предыдущем. И можно сделать вывод, что если у пациента уровень сахара в крови выше 300 миллимолей на литер, то повышается вероятность инсульта. Эти данные куда полезнее. Рассмотрим третий график. Разброса почти нет. Это хорошо. Тогда возраст человека является самым главным показателем вероятности наступления инсульта. И риску апоплексического удара подвержены люди старше 40 лет. И чем человек старше, тем выше вероятность наступления инсульта.

Основная группа людей подверженная кровоизлиянию в мозг определена. Это люди чей индекс массы тела выше 40 кг/м^2, уровень сахара выше 300 миллимолей на литер и которым больше 40 лет. Основываясь на этих данных, мы можем обучить искусственный интеллект прогнозировать вероятность апоплексического удара.

2. Машинное обучение

Так как набор данных несбалансирован, то стоит воспользоваться методом SMOTE(метод передискретизации синтетического меньшинства). Таким обзом будут созданы новые строчки об заболевших. Данный метод не будет дублировать уже созданные записи, он будут генерировать новые наблюдения, но на основании изначальных данных. Этот метод нахоодит несколько ближайших соседей для каждого члена меньшего класса. И тогда один или несколько соседей используются для создания новых наблюдений.

После уравнивания базы данные стоит разделить на обучающую и тестовую выборку. Обучающая выборка предназанчена для построения классификаторов, а тестовая выборка отвечает за оценку качества работы обученного алгоритма.

Теперь можно начать машинное обучение. Так как для обучения программе представлен большой объем данных с ответом был ли у человека инсульт, то обучение относится к типу обучению с учителем. Так как у нас стоит нужда в будущем определить был ли у человека инсульт то эта задача относится к типу классификации. Т.е. есть стремление получения ответа на вопрос либо да, либо нет.

Для обучения модели воспользуемся логической регрессией.[3] Она представляет собой способ определения зависимости между

переменными, одни из которых категориально зависимы(инсульт), а другие не зависимы(индекс массы тела, уровень сахара в крови, возраст).[4] И на основе этой регрессии мы испоьзуем алгоритм кривой ROC, который будет менять пороговые значения для нахождения более точных результатов. Точнее, чтобы количество неправильных прогнозов можно было свести к минимуму.

На рис. 5 нам показано соотношение правельного предсказания к ошибочному.

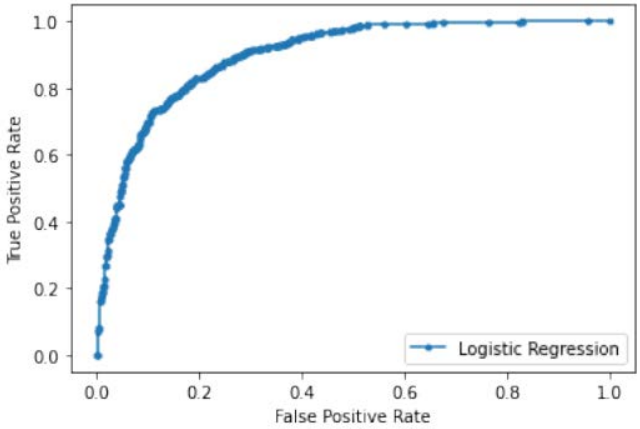


Рис. 5. Кривая ROC.

Модель выдала что правильность ответа или точнее сказать точность предсказания программой равна 81%, что достаточно высоко. Но можно проверить другие методы. [5]

Воспользуемся алгоритмом случайного леса. В этом случае строятся деревья решений на основе параметра для разделения. Таким образом генерируется множество деревьев, которые в совокупности называются лесом. Строим случайный лес и получаем что вероятность получения правильного прогноза равна 92%.

Проверим еще один алгоритм построения модели: классификатор XGBOOST. Метод заключается в создании ансамбля последовательно уточняющих друг друга деревьев решений. После обучения точность предсказания оказалась равной 95%. Не существует алгоритмов способных сделать предсказание со 100% точностью. И на данный момент мы не сможем получит результат выше 95%. В любом случае это очень хороший результат.

Заключение

В данном наборе данных были определены наиболее взаимосвязанные параметры с параметром по названием инсульт. Благодаря чему обнаружены группы людей, находящиеся в зоне риска. Этот результат соответствует основным причинам инсульта. Если расширить собираемые данные, то будет возможность найти дополнительные зависимости наступления инсульта.

После использования машинного обучения и применения разных алгоритмов, получаем что точность правильного прогнозирования равна 95%. И в будущем этот алгоритм может помогать врачам ставить диагноз.

Проведение данной работы возможно не только с данными связанными с инсультом. Можно разработать модель помогающую прогнозировать рак или классифицировать болезнь по биоданным человека. Это может помочь обнаружить болезнь которая до этого еще не была известна и помочь врачам найти подходящее лечение за более короткий срок.

Список литературы

1. Stroke Prediction Dataset [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: https://www.kaggle.com/fedesoriano/stroke-prediction-dataset/metadata
2. Дядичев, В. В. Задачи и методы интеллектуального анализа данных / В. В. Дядичев, Е. В. Ромашка, Т. В. Голуб // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2015. – №3.
3. Рекурсивный алгоритм построения регрессионных моделей сложных вероятностных объектов / В.В. Мокшин [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 9. – С. 112-116.
4. Структурное моделирование бизнес-процессов в системах BPMN EDITOR, ELMA, RUNAWFE / И.М. Якимов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 10. – С. 249-256.
5. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной системы /В. В. Мокшин, И. М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – № 5. – С. 46-51.

Сравнение методов голосовой идентификации человека

Э. Х. Шамсиев, email: eldar_shamsiev@mail.ru
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Альметьевский филиал КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Аннотация. *В статье рассматриваются методы голосовой идентификации человека. Для начала описывается поэтапное решение проблем такие, как запись речи диктора; фильтрация сигнала; выявление возможных затруднений при обработке звука, а также предложены пути решения таких проблем; выявление и классификация признаков. В конце работы представлена таблица, показывающая результаты лучших методов идентификации человека, что будет в дальнейшем в полной мере отвечать на вопрос об усовершенствовании методов.*

Ключевые слова: *звук, шум, ряд, речь, преобразование, сигнал, методы классификации, голосовые признаки.*

Введение

В настоящее время голосовая идентификация имеет широкое применение, поскольку голос человека, как бы на слух ни казался похож на другие, имеет уникальные признаки, что делает его биометрическими данными. Они, в свою очередь, используются для доступа к каким-либо защищённым информационным системам. Разумеется, бывают исключительные случаи, когда не удаётся распознать человека по его же голосу или даже бывает такое, что тембр голоса одного человека может совпасть с голосом, который занесён в базу данных, другого человека и, таким образом, предоставить доступ к какой-либо информации. Вследствие этого требуется сравнить известные методы, чтобы дать основу к улучшению голосовой идентификации. Весь процесс идентификации речи основывается на классической структуре: запись сигнала, его обработка, извлечение признаков, распознавание речи.

1. Предварительная запись голоса

Обычно голос диктора записывают с помощью микрофона и в дальнейшем оцифровывают благодаря аналого-цифровым преобразователям. Также всем известно, что такой сигнал не будет идеально чистым, так как он будет содержать множество нежелательных

© Шамсиев Э. Х., Мокшин В. В., 2022

сигналов таких, как помех, вызванных различными факторами, которые будут перечислены в следующей главе.

2. Обработка (фильтрация) сигнала.

Необходимо обработать звук, поскольку существуют множество причин, которые могут повлиять на идентификацию речи. К примеру:

- Качество оборудования (микрофона).
- Нечёткая речь диктора (болезнь, дефект речевого аппарата и пр.).
- Незаконченное предложение диктором.
- Внешнее прямое воздействие на микрофон (сильные потоки воздуха).
- Окружающая среда (к примеру, эхо).

Необходимость очистки сигнала от шумов, лишних частот связана с тем, чтобы задать однозначность распознавания голоса диктора. Существуют множество методов фильтрации записи, но в данной работе используется некая совокупность алгоритмов, в основе которых лежит дискретное и быстрое преобразования Фурье. И на нём следует заострить внимание, так как обработка сигнала с помощью преобразования Фурье играет ключевую роль при идентификации человека, поскольку распознавание личности не будет иметь никакого смысла, если запись будет иметь много лишних звуков.

Преобразование Фурье позволяет представить непрерывную функцию $f(x)$ – он же сигнал ,- определённую на отрезке $[0,T]$ в виде суммы бесконечного числа тригонометрических функций с определёнными амплитудами и фазами, рассматриваемыми на отрезке. Такой ряд и называется рядом Фурье. Обобщая, можно сказать, что преобразование Фурье способствует разложению функции по частотам, что позволит из суммы нескольких звуковых волн найти те, которые являются «плохими» волнами (к примеру, фоновый шум), и снизить их уровень шума.

Любой сигнал можно представить математически. Так, сигнал длительностью T секунд представляется некоторой математической функцией $f(x)$, заданной на отрезке $\{0,T\}$, где x – время. Тогда такую функцию можно представить в виде суммы гармонических функций ($\sin(x)$ или $\cos(x)$) вида:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{+\infty} A_k \cos(2\pi \frac{k}{\tau} x + \theta_k), \qquad (1)$$

где

- a_0 – коэффициент Фурье функции;

– $a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\cos(nx)dx$;
– k – номер тригонометрической функции;
– A_k – амплитуда k-го гармонического колебания;
– T – отрезок, где функция определена (длительность сигнала);
– θ_k – начальная фаза k-го колебания;
– $k\frac{2\pi}{\tau} = k\omega$ – круговая частота гармонического колебания.

Функцию представляют в виде суммы ряда для того, чтобы, сложив в каждой точке значение гармонических составляющих (A_k и θ_k), мы получили значение нашей функции в этой точке.

Так же ряд можно представить в двух видах:

$$f(x) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \widehat{f}_k e^{i2\pi\frac{k}{\tau}x}, \quad (2)$$

где A_k, k-я комплексная амплитуда.

Или же:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}[a_k \cos(2\pi\frac{k}{\tau}x) + b_k \cos(2\pi\frac{k}{\tau}x)] \quad (3)$$

Связь между коэффициентами в (1) и (3) выражается следующими формулами:

$$A_k = \sqrt{a_k^{\,2} + b_k^{\,2}} \quad (4)$$

$$\theta_k = \arctan(\frac{b_k}{a_k}) \quad (5)$$

На примере функции $f(x) = \sin(x)$ стоит добавить, что периоды гармонических составляющих кратны величине отрезка $\{0, T\}$, на котором определена исходная функция f(x). Другими словами, периоды гармоник кратны длительности измерения сигнала. Например, период первой гармоники ряда Фурье равен интервалу T, на котором определена функция $f(x)$. Период второй гармоники ряда Фурье равен интервалу $T/2$. И так далее.

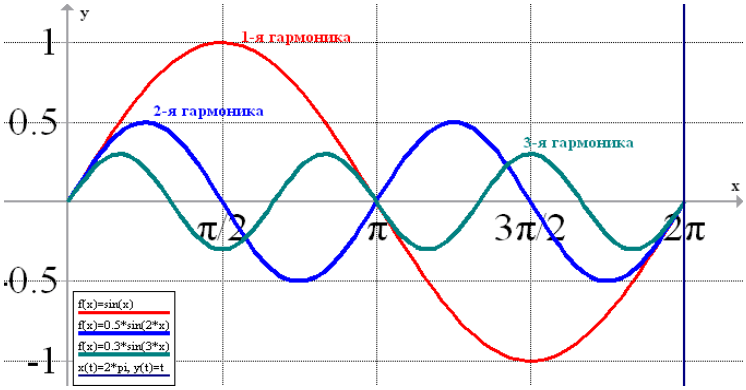


Рис. 1. График гармоник

Соответственно, частоты гармонических составляющих кратны величине $1/T$. То есть частоты гармонических составляющих F_k равны $F_k = k/T$, где k пробегает значения от 0 до ∞, например, $k = 0, F_0 = 0; k = 1, F_1 = 1/T; F_k = k/T$.

Пусть наша исходная функция представляет собой сигнал, записанный в течение $T = 1$ сек. Тогда период первой гармоники (рис. 1) будет равен длительности нашего сигнала $T_1 = T = 1$ сек и частота гармоники равна 1 Гц. Период второй гармоники будет равен длительности сигнала, деленной на 2 ($T_2 = T/2 = 0,5$ сек), и частота равна 2 Гц. Для третьей гармоники $T_3 = T/3 = 0,33$ сек, и частота равна 3 Гц. И так далее. Тогда шаг между гармониками равен 1 Гц.

Помимо этого, следует помнить о теореме Котельникова (частота дискретизации должна как минимум вдвое превышать максимальную частоту сигнала), иначе при фильтрации мы получим ложные результаты.

Согласно теореме Котельникова, если непрерывный сигнал имеет спектр, ограниченный частотой $F_{макс}$, то он может быть полностью и однозначно восстановлен по его дискретным отсчетам, взятым через интервалы времени.

$$T = \frac{1}{2F_{макс}} \tag{6}$$

То есть с частотой $F_d \geq 2F_{макс}$, где F_d — частота дискретизации; $F_{макс}$ — максимальная частота спектра сигнала. Другими слова, частота оцифровки сигнала должна как минимум в 2 раза превышать

максимальную частоту сигнала, который мы хотим измерить. Иначе же мы будем сталкиваться с эффектом «алиасинга», при котором сигнал высокой частоты после оцифровки превращается в несуществующий сигнал низкой частоты.

На рис. 2 красным цветом изображена синусоида с высокой частотой – это реальный сигнал, а синим цветом изображена синусоида с низкой частотой – это фиктивный сигнал, который возникает из-за того, что за время взятия отсчёта успевает пройти больше чем полпериода высокочастотного сигнала. Вследствие этого частоту дискретизации нужно устанавливать вдвое выше максимальной частоты сигнала [1, 2].

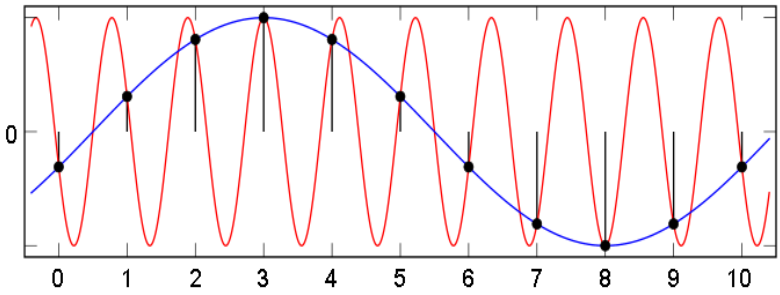


Рис. 2. Появление ложного сигнала при недостаточно высокой частоте дискретизации

После того, как мы на примере простейших функций рассмотрели преобразование Фурье, переходим непосредственно к решению реальных голосовых сигналов.

– запись разбивается на блоки 25.6 мс со смещением каждые 10 мс. Получаются блоки по 409 отсчётов каждый;
– предварительное усиление (фильтр 1-го порядка);
– обработка окном Хемминга;
– дополнение нулями и БПФ длиной 512;
– усреднения амплитуд спектра в пределах полос с треугольными весовыми функциями;
– вычисление максимальной нормы всех векторов сигнала;
– нормализация всех векторов сигнала;

Данные алгоритмы в дальнейшем будут интерпретированы и перенесены в среду разработки MatLab R2021a.

На рис. 3 представлен результат выполнения программы на MatLab [3].

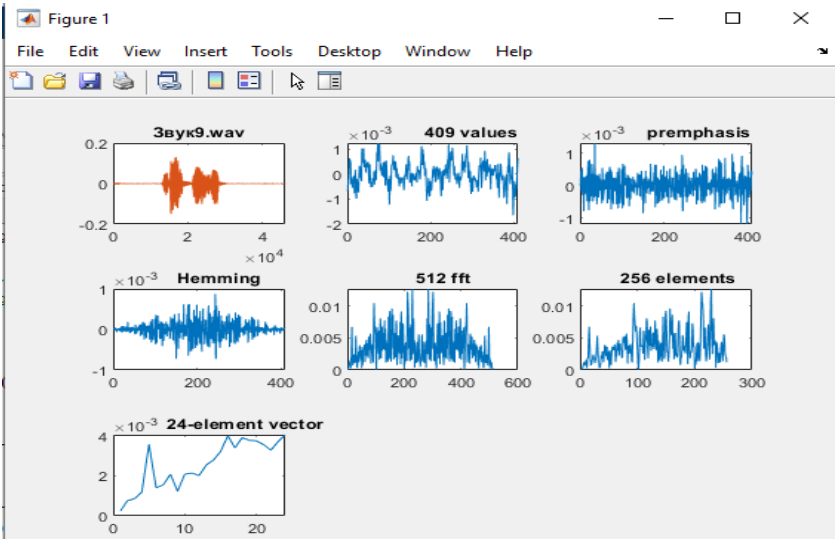


Рис. 3. Результат фильтрации записи

3. Извлечение признаков

Необходимо извлечь те признаки, по которым можно будет определить голос того или иного диктора. В данной статье рассматривается наиболее популярный признак: MFCC-коэффициенты.

MFCC-коэффициенты. Такой метод считается наиболее популярным среди известных методов, поскольку обеспечивает максимальную точность при распознавании личности диктора. Изначально подаётся последовательность отсчётов участка сигнала.

$$x[n], \quad 0 \le n < N \tag{7}$$

Далее эта последовательность представляется в виде ряда Фурье, и применяется соответствующее дискретное преобразование.

$$X_a[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{\frac{-2\pi i}{N} kn}, \quad 0 \le k < N \tag{8}$$

Помимо этого, используется так называемая весовая функция, которая предназначена для уменьшения искажений во время преобразований Фурье. Как правило, весовой функцией выступает окно Хэмминга. Далее этот сигнал разбивают на диапазоны с помощью банка треугольных фильтров.

$$H_m = \begin{cases} 0, & k < f[m-1] \\ \dfrac{(k - f[m-1])}{(f[m] - f[m-1])}, & f[m-1] \le k < f[m] \\ \dfrac{(f[m+1] - k)}{(f[m+1] - f[m])}, & f[m] \le k \le f[m+1] \\ 0, & k > f[m+1] \end{cases} \quad (9)$$

Границы этих фильтров представляются в шкале мэл, которая описывает восприятие звуков на разных частотах человеческим ухом. Выполняем перевод в мэл-частотную область согласно формуле

$$B(f) = 1127 \ln(1 + \frac{f}{700}) \quad (10)$$

Обратное преобразование

$$B^{-1}(b) = 700(e^{\frac{b}{1127}} - 1) \quad (11)$$

После того как выбран диапазон частот, его переводят в шкалу мэл и разбивают на несколько равномерных перекрывающихся диапазон. Также необходимо вычислить энергию для каждого окна

$$S[m] = \ln(\sum_{k=0}^{N-1} \left| X_a[k] \right|^2 H_m[k]), \quad 0 \le m < N \quad (12)$$

Остаётся применить дискретное косинусное преобразование (ДКП)

$$c[n] = \sum_{m=0}^{M-1} S[m] \cos(\frac{\pi n (m + \frac{1}{2})}{M}), \quad 0 \le n < M \quad (13)$$

Как примечание, M выбирают до 12-го порядка [4].

4. Классификация признаков

После того как основным методом извлечения признаков был выбран MFCC-коэффициенты, приступаем к классификациям признаков, которые будут иллюстрировать числовые показатели качества голосовой идентификации.

Метод опорных векторов. Данный метод используется преимущественно в задачах бинарной классификации, заключающийся в поиске разделяющей гиперплоскости между двумя классами. Кроме того, уникальность такого метода заключается в том, что при линейной разделимости среди других выделяется такая гиперплоскость, которая максимально отдалена от обоих классов. Но если линейная разделимость отсутствует, то используют вспомогательные переменные, которые

характеризуют допустимые ошибки классификации. Также существует способ, описанный многими учёными, который позволяет перейти в пространство большей размерности. Это приведёт к такой выборке, которая может быть линейно разделена. Способ заключается в том, что выборка переходит от скалярного произведения к нелинейной функции ядра. Однако основная мысль этого метода – чем больше расстояние между разделяющей гиперплоскостью и объектами разделяемых классов, тем меньше будет средняя ошибка классификатора [5].

Модель наивного байесовского классификатора. Данная модель – это простой вероятностный классификатор, основанный на применении теоремы Байеса со строгими предположения о независимости [6].

$$P(A \mid B) = \frac{P(B \mid A)P(A)}{P(B)}, \tag{14}$$

где $P(A \mid B)$ – вероятность события A при условии, что событие B выполнилось, $P(B \mid A)$ – наоборот, вероятность события B, при условии, что событие A истинно. $P(A)$, $P(B)$ – вероятность события A, B соответственно.

Модель логистической регрессии – статистическая модель, используемая для прогнозирования вероятности возникновения некоторого события путём его сравнения с логистической кривой. Результат представляется как бинарное событие (1 или 0). Логистическая регрессия применяется для прогнозирования некоторого события по значениям множества признаков. Для этого вводится зависимая переменная y, принимают лишь одно из двух значений: 0 (ложь / событие не произошло) и 1 (истина / событие произошло) и множество независимых переменных – вещественных $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ на основе значений которых требуется вычислить вероятность принятия того или иного значения зависимой переменной. Если предположить, что событие $y = 1$, то

$$\Pr\{y = 1 \mid x\} = f(z), \tag{15}$$

где $x = \theta^T x = \theta_1 x_1 + \ldots + \theta_n x_n$, x и θ – вектора значений независимых переменных $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ и параметров – вещественных числе $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots, \theta_n$ соответственно, а функция $f(z)$ – логистическая функция – она же сигмоида [7].

После того как были отобраны основные сравниваемые классификации признаков, необходимо их сопоставить на практике. Для анализа используются 20 разных голосов людей [8].

Таблица

Используемые для анализа признаки и методы

Признак	Метод опорных векторов	Модель наивного байесовского классификатора	Модель логистической регрессии
MFCC-коэффициенты	0,873	0,33	0,888

По таблице видно, что наибольший показатель предоставляет модель логистической регрессии, которая даёт точность в 88%, а если округлять, то и вовсе 89%.

Заключение

Таким образом, в данной статье мы разобрали, по какому принципу устроена голосовая идентификация человека; как осуществить запись голоса; её предварительную обработку (фильтрацию) и с помощью каких фундаментальных знаний это сделать; самые популярные методы извлечения признаков; методы классификации; сравнили эти методы и пришли к заключению, какие из них требуют совершенствования.

Список литературы

1. Практическое применение преобразования Фурье для анализа сигналов. Введение для начинающих / Андрей @diakin. [Электронный ресурс] – статья на сайте Habr. – Режим доступа : https://habr.com/ru/post/269991/
2. Шамсиев, Э.Х. Повышение качества голосовой записи в летательных аппаратах на примере языка программирования Python 3 / Э. Х. Шамсиев, В. В. Мокшин // Всероссийская научно-практическая конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве», посвященная памяти Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, 16-17 декабря 2021 г.). – Нижний Новгород, 2021. – С. 10-12.
3. Предварительная обработка речевых сигналов с помощью Matlab / Роман Іваськевич @REssential. [Электронный ресурс] – статья на сайте Habr. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/159605/
4. Мел-кепстральные коэффициенты (MFCC) и распознавание речи. [Электронный ресурс] – статья на сайте Habr. – Режим доступа : https://habr.com/ru/post/140828/
5. Метод опорных векторов (SVM). [Электронный ресурс] – статья в Wikipedia – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_опорных_векторов

6. Наивный байесовский классификатор. [Электронный ресурс] – статья в Wikipedia – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Наивный_байесовский_классификатор
7. Логистическая регрессия. [Электронный ресурс] – статья в Wikipedia – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Логистическая_регрессия
8. Лялин, С. Г. Выбор метода извлечения признаков для голосовой идентификации. / С. Г. Лялин // Научный журнал: Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 6. – С. 88-93.
9. Тассов, К. Л. Метод идентификации человека по голосу / К. Л. Тассов, Р. А. Дятлов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – №6. – URL : http://engjournal.ru/catalog/it/biometric/1103.html

Анализ методов формирования и проверки штрих-кодов

К. С. Шарая, e-mail: kristina.alexa.sh@gmail.com
С. Н. Девицына

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Аннотация. *Проведен анализ существующих решений для работы со штрих-кодами, выявлены сильные и слабые стороны выбранных проектов, определено время, затрачиваемое на их выполнение, сделаны выводы об эффективности каждого метода.*

Ключевые слова: *информационная система, технологии штрихового кодирования, штрих-коды, системы автоматической идентификации.*

Введение

Штрих–код представляет собой графическое изображение, наносящееся на какую-либо поверхность. У каждого кода — свой уникальный рисунок, в котором зашифрованы числовые и текстовые данные. Проще и надежнее считывать данные, используя их двоичного кодирование. Считывая информацию слева направо, сканер присваивает 1 первой встреченной черной полоске и 0 – первому промежутку. Следующие промежутки и штрихи считываются как последовательности нулей или единиц, в зависимости от их ширины. Следовательно, все изображение может быть представлено как последовательность битов [1]. Другими словами, штрих-код – это метод представления данных в машиночитаемой форме [2], символьный ключ к информации в базах данных [3].

Выбор используемого штрих-кода зависит от вида данных, которые необходимо записать — цифры или буквы. Исходя от этих критериев одномерные и двухмерные штрих-коды используют в разных сферах, а для их считывания необходимо разное оборудование.

Развитие систем штрихового кодирования даёт возможность решить одну из самых сложных проблем компьютерной техники – ввод данных, – почти полностью исключив ошибки, т.к. ЭВМ легче считывает широкие и узкие штрихи и промежутки между ними, чем буквы и цифры.

Цель данного исследования заключается в поиске не ресурсоемкого, но эффективного программного обеспечения, которое подойдет для самостоятельной разработки штрих-кодов для внутренних целей организации. Тем не менее, рассмотренные программы лежат в основе

© Шарая К. С., Девицына С. Н., 2022

более сложных и профессиональных, используемых крупными фирмами, специализирующимися на их создании и распространении.

1. Методы обработки и формирования штрих-кодов

Появление систем автоматической идентификации значительно увеличило скорость, эффективность и точность обработки и сбора данных. Для генерации и печати штрих-кодов используют специальные принтеры, а для чтения — сканеры, что значительно снижает вероятность человеческой ошибки. Человек тратит около шести минут на ввод двенадцати позиций, при этом в среднем будет одна ошибка на каждые 300 позиций, машина тратит около 300 миллисекунд на считывание двенадцати позиций, при этом может допустить одну ошибку на миллион. Ознакомившись с теоретическими основами штрихового кодирования, его видами и применением, рассмотрим методы и способы формирования и сканирования штрих-кодов.

Большинство решений, существующих на рынке, позволяет получить растровое изображение штрих-кода (BMP, JPG, TIFF), в то время как оптимальным является векторное (EPS, AI) [4]. Продукты, предлагаемые на рынке, делятся на бесплатные и платные. К бесплатным относятся веб-ресурсы, позволяющие в режиме реального времени получить файл. Минусом веб-решений является необходимость постоянного доступа к Интернету, с одной стороны, и работы самого сайта, с другой.

Платное решение – это, как правило, DLL-библиотеки. Данная реализация имеет два недостатка: во-первых, необходимо заплатить некую сумму денег при покупке продукта; во-вторых, почти все библиотеки генерируют код только в растровом формате.

Но самым лучшим решением для обработки штриховых кодов стали библиотеки SDK, которых существует огромное количество для разных языков программирования, после установки они не зависят от Интернет-подключения и в большинстве своем бесплатны.

Проанализированные программные продукты в значительной степени упрощают понимание обработки штриховых кодов, работы с ними, их генерации, считывания и декодирования. Работа этих проектов основана на использовании технологий SDK штрих-кодов.

Потребность в SDK значительно возросла. Сочетание технологии штрихового кодирования и библиотеки штрих-кодов позволяет с низкими затратами реализовать любое приложение автоматической обработки любого вида такого кодирования информации, больше нет необходимости в приобретении дорогостоящего специализированного однофункционального устройства для этих целей.

Проведя исследование и анализ проектов в веб-сервисе GitHub, можно отметить достаточное количество программного обеспечения на данную тематику на разных языках программирования и для разных целей применения. Каждый язык имеет свои методы, способы, ресурсы и возможности для реализации штрихового кодирования, которые зачастую являются дополнительными модулями, требующими предварительной установки.

2. Практическая реализация формирования и обработки штрих-кодов

Для исследования практической реализации работы со штрих-кодами на веб-сервисах для размещения IT-проектов – GitLab и GitHub была произведена фильтрация по запросу «barcode», в результате которой на первом сервисе было выявлено не так много соответствующих проектов, на GitHub же на 12.12.2021 был получен результат из 19797 репозиториев и 393333 коммитов. Самыми популярными языками программирования для кодов на данную тематику оказались: Java – 3974 проектов, JavaScript – 3028 проектов, Python – 1908 проектов. Именно из последних было выделено 3 простых кода, которые являются основой и базой для многих представленных на языке Python программ.

При анализе было обнаружено, что практически все они основываются на использовании библиотеки python-barcode, которая в своем составе имеет большое количество функций, обрабатывающих разные виды графических меток, и библиотеки OpenCV, которая используется для считывания и обработки изображений. Тем не менее, эти способы не единственные, и существует еще множество программных решений обработки штриховых кодов.

Для исследования практической реализации работы со штрих-кодами с помощью онлайн среды для разработки Google Colab выбранные три проекта были доработаны, исправлены некоторые недочеты, и были получены данные об эффективности их выполнения и сбора.

Barcode-Generation-using-Python [5]. Данная программа предназначена для генерирования штрих-кодов. В ней создается код «EAN13» (European Article Number) – европейский стандарт штрихового кода из 13 знаков. Текст программы Barcode-Generation-using-Python отображен на рис. 1.

В программу в качестве строки передаются 12 цифр, вводимых пользователем с клавиатуры, по ним вычисляется контрольная цифра и из которых в дальнейшем и генерируется штрих-код.

```python
# import EAN13 from barcode module
from barcode import EAN13
# import ImageWriter to generate an image file
from barcode.writer import ImageWriter

def generator(number):
    # Let us create an object of EAN13 class and pass the number with the ImageWriter() as the writer
    my_code = EAN13(number,writer=ImageWriter())
    my_code.save("bar_code")

if __name__ == "__main__":
    # Make sure to pass the number as string
    generator(input('Enter 12 Digit Number To Generate Bar Code:'))
```

Рис. 1. Текст программы Barcode-Generation-using-Python

В процессе ее выполнения создается рисунок на основе заложенной в рассматриваемую функцию таблицы кодирования, в которой приведены цифры, их двоичное представление и соответствующие ему вертикальные линии кодов. Результатом выполнения является изображение с расширением «.png», которое сохраняется на используемое устройство (рис. 2).



Рис. 2. Результат выполнения программы Barcode-Generation-using-Python (EAN13 штрих-код)

В данном случае задача генерации штрих-кода реализуется подключением библиотеки python-barcode, а именно ее элементов EAN13 из barcode и ImageWriter из barcode.writer, который создает png файл с изображением. Этот модуль не является стандартным, и для его использования требуется предварительное подключение.

По времени, оцененному в Colab, с помощью команды %%time исполнение этой программы и генерация такого штрих-кода занимает около 7 миллисекунд.

Таким образом, библиотека Barcode позволяет быстро и без больших системных затрат создавать штриховые коды разных видов и получать их растровые изображения. Тем не менее у нее есть и недостаток — начальный и конечный символы не прорисовываются, и вид таких штрих-кодов немного отличается от стандартного.

Вторая программа – igu-odoo [6] – по своей сути выполняет идентичную задачу, она создает EAN13 код, но уже с использованием других средств Python. Взятый с GitHub проект igu-odoo предоставляет решения для создания следующих штрих-кодов: Code39, Code93, Code128, EAN8, EAN13, QR; одним кодом, однако, необходимый для рассмотрения фрагмент программы представлен на рис. 3.

```
from reportlab.graphics.barcode import eanbc
from reportlab.graphics.shapes import Drawing
from reportlab.lib.pagesizes import letter
from reportlab.lib.units import mm
from reportlab.pdfgen import canvas
from reportlab.graphics import renderPDF

def createBarCodes():
    """
    Create barcode examples and embed in a PDF
    """
    c = canvas.Canvas("barcode.pdf", pagesize=letter)
    barcode_value = "1234567890"

    # draw the eanbc13 code
    barcode_eanbc13 = eanbc.Ean13BarcodeWidget(barcode_value)
    bounds = barcode_eanbc13.getBounds()
    width = bounds[2] - bounds[0]
    height = bounds[3] - bounds[1]
    d = Drawing(150, 50)
    d.add(barcode_eanbc13)
    renderPDF.draw(d, c, 30, 700)
    c.save()

if __name__ == "__main__":
    createBarCodes()
```

Рис. 3. Фрагмент текста программы igu-odoo

В данном случае номер штрихового кода не вводится пользователем, а прописан непосредственно в коде, тем не менее при необходимости это легко изменить, не влияя на вычислительный процесс. Вместо библиотеки barcode здесь используется библиотека reportlab, позволяющая создавать документы непосредственно в формате PDF с использованием языка программирования Python, создавать диаграммы и графику в различных растровых и векторных форматах, и в частности модуль reportlab.graphics.barcode, который работает непосредственно со штрих-кодами. Эта библиотека так же не является стандартной, и для его использования требуется предварительное подключение. Полученным

результатом будет файл в формате «pdf» с изображением сгенерированного кода внутри. Он отображен на рис. 4.



Рис. 4. Результат выполнения программы igu-odoo

По времени, оцененному в Colab, исполнение этой программы и генерация такого штрих-кода занимает примерно 6 миллисекунд. Проанализировав работу программы и изучив Reportlab, можно сделать вывод о том, что для генерирования штриховых изображений таким способом необходимо провести большее количество операций и команд, по сравнению с предыдущим, тем не менее скорость выполнения программы, наоборот, немного больше. Такие штрих-коды имеют более стандартный вид. Так же из плюсов можно выделить возможность создания разного количества кодов разных видов в одном файле, а из минусов – необходимость расчета координат расположения изображения внутри документа.

Последняя программа – Barcode-Reader [7] – представляет собой реализацию алгоритма считывания штрих-кода с изображения. Сам код отображен на рис. 5.

В нее передается изображение, которое декодируется и обрабатывается попиксельно. При завершении выводится строка, в которой записаны определенные в ходе выполнения параметры: вид штрих-кода и считанные с него символы. Работа программы осуществляется с помощью подключения библиотек pyzbar, которая считывает одномерные штрих-коды и QR-коды, и OpenCV — библиотека компьютерного зрения, которая предназначена для анализа, классификации и обработки изображений. Чтобы получить результаты исполнения данной программы, а также проверить ее на достоверность, код был запущен с результатом работы проекта «Barcode-Generation-using-Python». Результат обработки приведен на рис. 6.

```
from pyzbar import pyzbar
import cv2

image = cv2.imread('/content/bar_code.png')
barcodes = pyzbar.decode(image)
for barcode in barcodes:
    (x, y, w, h) = barcode.rect
    cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (255, 0, 0), 2)

    barcodeData = barcode.data.decode('utf-8')
    barcodeType = barcode.type
    text = "{} ( {} )".format(barcodeData, barcodeType)
    cv2.putText(image, text, (x, y - 10), cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX, 0.5, (255, 0, 0), 2)

    print("Information : \n Found Type : {} Barcode : {}".format(barcodeType, barcodeData))

cv2.imshow("Image", image)
cv2.waitKey(0)
```

Рис. 5. Текст программы Barcode-Reader

```
Information :
 Found Type : EAN13 Barcode : 0569322104877
```

Рис. 6. Результат выполнения программы Barcode-Reader (считывание EAN13 штрих-кода)

Полученные результаты соответствуют действительности, таким образом можно сделать вывод о том, что библиотека pyzbar позволяет написать компактную по количеству строк, но эффективную программу, занимающую в среднем 5,5 миллисекунд, для считывания графических меток. А полученный номер штрих-кода может использоваться системой для доступа к ячейкам с данными в соответствующих базах данных.

Заключение

Для исследования основных принципов работы библиотек штрих-кодов были выбраны три проекта на одном из самых распространенных и быстро развивающихся языков программирования Python. Эти программы отразили три разных библиотеки, обеспечивающих штриховое кодирование. Был проведен анализ существующих решений для работы со штрих-кодами, выявлены сильные и слабые стороны выбранных проектов, получено время, затрачиваемое на их выполнение, откуда можно сделать вывод об эффективности каждого из них.

Внедрение штрихового кодирования максимально увеличит скорость документооборота, снизит количество неточностей при вводе и обработке данных и минимизирует ошибки считывания. Плюсы штрих-кодирования неоспоримы, и повсеместное использование штриховых меток и их дальнейшее внедрение во все сферы жизни является подтверждением того, что и программным средствам необходимо быть на

одном уровне с растущими потребностями общества: скорость считывания штрих-кодов должна возрастать, как и плотность кодируемой в них информации.

Список литературы

1. Златопольский, Д.М. Штрих-код / Д.М. Златопольский // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. – 2011. – № 3. – С. 114-117.

2. Waksoft: С Python прочитаем любые штрих- и QR-коды [Электронный ресурс] Режим доступа: https://waksoft.susu.ru/2021/05/03/kak-sgenerirovat-i-prochitat-qr-kod-v-python/

3. Макшанова, К. А. Технология применения штрих-кода / К. А. Макшанова, В. Г. Ежкова // Студенческая наука Подмосковью: Материалы Международной научной конференции молодых ученых, Орехово-Зуево, 05–06 апреля 2018 года. – Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет, 2018. – С. 349-352.

4. Коробко, И. Генерация штрих-кода EAN-13 (ISBN) / И. Коробко // Системный администратор. – 2012. – № 5(114). – С. 74-78.

5. GitHub : Barcode-Generation-using-Python [Электронный ресурс] Режим доступа: Barcode-Generation-using-Python/main.py

6. GitHub: igu-odoo [Электронный ресурс] Режим доступа: https://github.com/andyut/igu-odoo/blob/8977348026341793a02a4a26ebda59d9a80b4c7d/odoo/testBarcode.py

7. GitHub: igu-odoo [Электронный ресурс] Режим доступа: https://github.com/andyut/igu-odoo/blob/8977348026341793a02a4a26ebda59d9a80b4c7d/odoo/testBarcode.py

Секция 4
Информационные системы и базы данных

Money Laundering Detection based on Neo4j

Cheng Liang, email: a812789400@gmail.com

Информационные системы и технологии
Информационные системы и сетевые технологии

Аннотация. *Money laundering is a criminal activity, usually related to illegal and criminal activities such as drug trafficking, corruption, and bribery. Money launderers obtain a huge amount of illegal funds through criminal activities. This part of the illegal funds cannot be directly deposited in the bank. To avoid detection by relevant departments, money laundering the means of the people are endless. This work is to analyze common money laundering cases and make corresponding tests for different money laundering scenarios. The detection system is based on the Neo4j database.*

Ключевые слова: *Neo4j, money laundering, docker, detection system.*

Abstract

With the rapid development of the information age and the financial industry, money laundering methods are also changing with each passing day. Due to the large amount of financial data, multiple types of data, deep data depth, and complex relationships between various data, it is impossible to be timely and effective in large amounts of data. The discovery of money laundering. The anti-money laundering detection system is an identification service, which is a risk identification of suspicious funds such as large amounts of funds but few but many transfers of funds. The core idea is to use a large amount of data collection, analysis, and processing, establish various models, prevent risks in advance, and take corresponding measures based on this.

With the rapid growth of data volume, data analysis is becoming more and more complex, mode changes are becoming more frequent and query time is longer and longer. For various reasons, traditional relational databases are quite difficult to deal with. The monitoring of anti-money laundering suspicious funds does face problems such as a large amount of data analysis, low timeliness, rapid transfer of suspicious funds, and concealed transaction paths that are difficult to track [1].

Based on the above background, this article chooses to introduce and use a graphic database to design an anti-money laundering detection system. Graph database is a type of NoSQL database, which uses graph theory to store the relationship information between entities. The graph database is a non-

© Cheng Liang, 2022

relational database, which uses graph theory to store the relational information between entities.

The most common example is the relationship between people in social networks. The effect of relational database for storing "relational" data is not good. Its query is complicated, slow, and exceeds expectations. The unique design of graph database just makes up for this defect [2].

1. Money laundering

Money laundering refers to the act of concealing, concealing, and transforming illegal income obtained from crimes or other illegal activities to legalize it in form. The crime of money laundering refers to the perpetrator's violation of the relevant provisions of the criminal law of our country. Crimes constituted by committing the above-mentioned money laundering behaviors [3].

The increasing digitization of financial transactions provides an easier way for money launderers to launder money. The inherent nature and complexity of financial money laundering make it more difficult for researchers to track and ultimately prevent fraud in the financial sector. Existing audit system organizations fail to identify money laundering activities more effectively, such as fragmented money laundering in this part, money launderers use their friends, relatives, etc. to create many accounts, and use these fragmented accounts to make multiple transfers. This has led to an increase in the demand for research in the field of anti-money laundering testing.

2. Project Goal

The goal of this work is to establish a bank card money laundering test. The detection system constructs corresponding detection scenarios by analyzing common money laundering patterns in society. This includes creating corresponding data, analyzing business logic to build code, and finally finding out the account information of money launderers or money laundering gangs.

3. Neo4j Database

Neo4j is a NoSQL database written in Java and Scala, and it is also a high-performance graph database. Graph database is an important branch of non-relational database, used to store large-scale structured or unstructured data. In a graph database, each object can be represented by a vertex, and the relationship between objects and objects is represented by edges [4]. Both vertices and edges can set attributes, and each object and relationship can have one or more attributes. Vertices and edges can build a relational network graph [5]. Neo4j is excellent in developing documents, transaction concepts, actual

project application maturity, open source, etc. Neo4j supports structured or unstructured data types and has efficient query and retrieval performance.

Neo4J will be used as the database of this system.

4. Typical Scenario

In December 2019, the police arrested a criminal who was engaged in money laundering activities and later found out that he had obtained 200,000 illegal cash through drug trafficking. His money laundering plan is typical, and this is how he works:

He illegally obtained 10 bank cards with no information connection through purchase, stealing, etc.

He divided 200,000 illegal cash into 10 shares of 200,00.

He deposited the money on 10 bank cards on three different ATM machines.

Finally, he transfers all the money to a bank card.

The graph database can help find money launderers faster. By representing the transaction as a graph, we can find the beneficiaries of money laundering in the case.

The interaction between ATM machines and bank cards can be represented by graphs.

The graph data model below represents what the data looks like as a graph (fig. 1).



Fig. 1. The graph data model

5. Sample Data Set

Query 1

```
// Create accounts
CREATE (Acc1:Account {id:'1', name:'Paul', gender:'man', age:'50'})
CREATE (Acc2:Account {id:'2', name:'Jean', gender:'man', age:'48'})
CREATE (Acc3:Account {id:'3', name:'Dan', gender:'man', age:'23'})
CREATE (Acc4:Account {id:'4', name:'Marc', gender:'man', age:'30'})
CREATE (Acc5:Account {id:'5', name:'John', gender:'man', age:'31'})
CREATE (Acc6:Account {id:'6', name:'Zoey', gender:'woman', age:'52'})
CREATE (Acc7:Account {id:'7', name:'Ava', gender:'woman', age:'23'})
CREATE (Acc8:Account {id:'8', name:'Olivia', gender:'woman',
age:'58'})
CREATE (Acc9:Account {id:'9', name:'Mia', gender:'woman', age:'51'})
CREATE (Acc10:Account {id:'10', name:'Madison', gender:'woman',
age:'37'})
// Create ATMS
CREATE (Atm1:ATM {id:'1', address:'street1'})
CREATE (Atm2:ATM {id:'2', address:'street2'})
CREATE (Atm3:ATM {id:'3', address:'street3'})
// Create Money laundering income account

CREATE (InAcc:Account {id:'11', name:'Jack', gender:'man', age:'24'})
// Create storage history
CREATE (Atm1)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/17/2021'}]-
>(Acc1)
CREATE (Atm1)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/17/2021'}]-
>(Acc2)
CREATE (Atm1)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/17/2021'}]-
>(Acc3)
CREATE (Atm2)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/18/2021'}]-
>(Acc4)
CREATE (Atm2)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/18/2021'}]-
>(Acc5)
CREATE (Atm2)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/18/2021'}]-
>(Acc6)
CREATE (Atm2)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/19/2021'}]-
>(Acc7)
CREATE (Atm3)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/19/2021'}]-
>(Acc8)
CREATE (Atm3)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/19/2021'}]-
>(Acc9)
CREATE (Atm3)-[:HAS_Storage {amount:'20000', time:'12/19/2021'}]-
>(Acc10)
// Create transfer history
CREATE (Acc1)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc2)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc3)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc4)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc5)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc6)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc7)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
```

```
CREATE (Acc8)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc9)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
CREATE (Acc10)-[:HAS_Transfer {amount:'20000', time:'12/20/2021'}]-
>(InAcc)
```

6. Query

```
//Storage information
MATCH (ATM)-[r:HAS_Storage]->(Accout)
RETURN  ATM.address AS `ATM_Street`, Accout.name AS `Accout_
Name`, r.amount AS Amount ORDER BY r.time
```

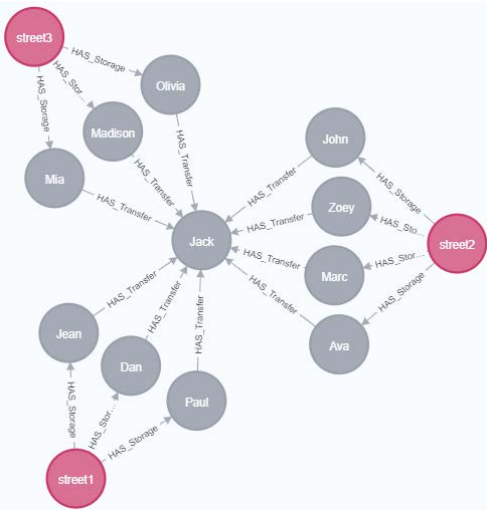


Fig. 2. Query

	ATM_Street	Accout_ Name	Amount
1	"street1"	"Dan"	"20000"
2	"street1"	"Jean"	"20000"
3	"street1"	"Paul"	"20000"
4	"street2"	"Zoey"	"20000"
5	"street2"	"John"	"20000"
6	"street2"	"Marc"	"20000"
7	"street2"	"Ava"	"20000"
8	"street3"	"Madison"	"20000"
9	"street3"	"Mia"	"20000"
10	"street3"	"Olivia"	"20000"

Fig. 3. Record

```
//Query transfer information
MATCH (n:Account)-[r:HAS_Transfer]->(m:Account)
RETURN m.name AS `Suspects`, r.time AS `Transfer_Time`,
r.amount AS Amount, n.name AS `Accout_ Name`
ORDER BY `Transfer_Time`
```

	Suspects	Transfer_Time	Amount	Accout_ Name
1	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Paul"
2	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Jean"
3	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Dan"
4	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Marc"
5	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"John"
6	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Zoey"
7	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Ava"
8	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Olivia"
9	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Mia"
10	"Jack"	"12/20/2021"	"20000"	"Madison"

Fig. 4. Record

Conclusion

Graph analysis helps to detect money laundering activities in the increasing number of cases. As criminals have become more sophisticated in money laundering, so have the tools that help counter them. When financial institutions are equipped with graphical analysis, there is no opportunity for money laundering activities.

The cases analyzed in this article are universal, and there are many ways to launder money. Money laundering detection will reserve interface extension functions to provide corresponding solutions for different money laundering scenarios. For example, gang crimes, online gambling, and other cases. In the future, I will enrich the function and completeness of the system and add more case models.

Bibliography

1. He Jing, Yang Shenggang, Wu Zhiming. "International Experience and Countermeasures of Anti-Money Laundering". In Theory and Practice of Finance and Economics, 2004, No.25(5), pp.119-124

2. CSDN, “Five graph databases worthy of attention”. In CSDN.com, 2012, No.26(8), pp.2-4..

3. Zhang Yanling. "Research on Anti-Money Laundering in the Financial Industry". In international Finance Research, 2002, No.19(9), P.10-11.

4. Ma Kaihang, Gao Yongming, Wu Zhiquan. “A review of data management technology research in the era of big data”. In Software, 2015, No.426(10), pp.52-55.

5. Gong Chang. “Technical analysis of NoSQL database under big data [J]”. In Information recording materials, 2018, No.019 (006), pp.118-119

Microservice implementation of the fraud detection ring

Cheng. Liang , email: a812789400@gmail.com
S.V. Vlasov, email: svv@cs.vsu.ru

Voronezh State University

Аннотация. *In face of valuable loss of funds by financial organizations around the world, the easy accessible tool for detection of financial fraud and money laundering is been developed and provided as microservice and API for public use. In this paper test data were used to display architecture and interface of the microservice.*

Ключевые слова: *fraud detection, microservice, graph database, Neo4j, Docker, Kubernetes..*

Introduction

Digital processing of all financial operations and data become a normal in present days. Simultaneously the criminals activated a rather sophisticated methods of frauds and money laundering schemes. Group of investigators normally works in organization to deal with fraud detection [1]. The Artificial Intelligence and Machine Learning methods [2] greatly simplify and accelerate their work today.

Fraud detection system is based on the analysis of data and implements a data-driven design [3]. However, in this case the primary importance has been not the client data itself but rather connections between clients. Moreover, the argent response required to the detected fraud, that stimulates the event-driven [4] or behavior-driven [5] approach to the software development. The real time data flow provided by the financial organization can be served by remote service or API without intervention in secure and private data.

The architecture of the related software system developed by authors is based on the power of the graph database Neo4j [6] and implemented as a microservice with a few API in Docker [7]. To illustrate functionality of the system we are using artificial test data and orchestration facilities of Kubernetes [8].

1. Types of frauds and scenarios

There are many tricks used by fraudsters to achieve illegal income or privilege. It can be individual fraud with local bank account or insider information, but mostly it is an organized crime involving network of individuals supporting the fraud. In particular money laundering defined in

© Cheng Liang, Sergey V. Vlasov, 2022

Wikipedia as following: “Money laundering is the process of changing large amounts of money obtained from crimes, such as drug trafficking, into origination from a legitimate source. It is a crime in many jurisdictions with varying definitions. It is a key operation of organized crime and the underground economy”. Thus, a detection of fraud rings becomes the most important part of the fraud and money laundering detection.

2. Neo4j graph database for detection of fraud ring

The graph database become active development field in recent decade. Graph database stores information about connections or relations between nodes. Different graph analytics methods provide possibility for detection special unordinary connections and clustering of nodes. There are number of popular graph database tools, such as Neo4j, ArangoDb, Dgraph, Cassandra, Apache Giraph to name a few. In the present research we are using Neo4j graph database for building a service for fraud detection ring.

3. Fraud detection service API using Docker and Kubernetes

The fraud detection to be useful in modern systems should be implemented as online service for streaming processing data in memory. The best approach is to use Docker containers as microservices for Neo4j data processing, graph analytics and fraud ring detection and reporting. Different.

4. Testing results and similar works

Production system proposed in this work currently under development and requires a deep testing. The importance of the automation and steaming of fraud detection attract great importance and discussed in multiple publications of different authors [8-10]. There is also another online implementation of fraud detection, for example, from Confluent [11] and Seon [12].

5. Fraud detection ring typical Scenario

While the details behind each fraudulent collusion vary by operation, the following patterns illustrate how fraudulent gangs generally operate:

Fraud gang of two or more people.

Ring members share a subset of legitimate contact information, i.e., phone numbers, addresses and passport numbers, combining them to create many fictitious identities.

Ring members use these fictitious identities to open accounts.

New accounts are added to the original accounts: unsecured lines of credit, credit cards, personal loans, etc.

Account in normal use, regular purchases, and timely payments.

Banks increase credit lines over time as they observe normal credit behavior.

One day, swap members max out all their credits, then disappear.

Sometimes fraudsters go a step further and use fake checks to zero out all balances, doubling their losses.

The collection process ensues, but the agent can never reach the fraudster. Uncollectible debts are written off.

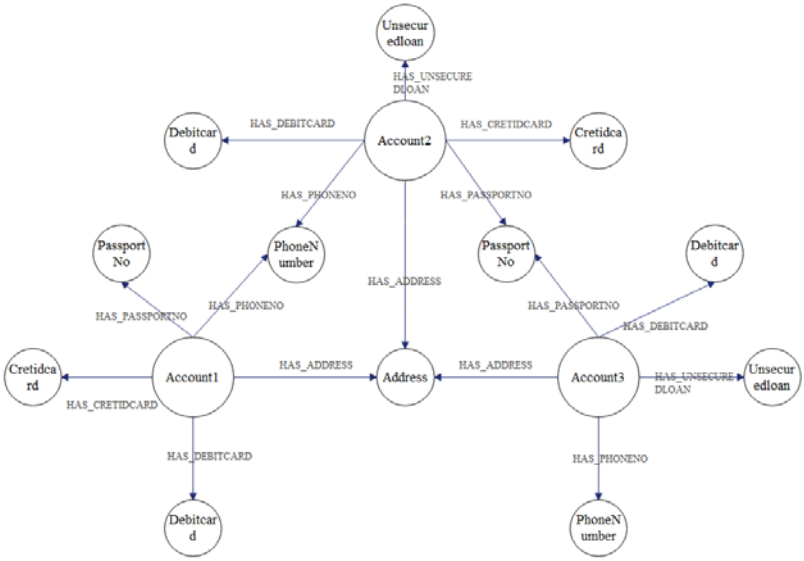


Fig. 1. Typical Scenario

6. Implement

Query 1

```
// Create account
CREATE (account1:Account {
FirstName: "Jack",
LastName: "Smith",
FullName: "JackSmith" })

CREATE (account2:Account {
FirstName: "Dan",
LastName: "Brown",
FullName: "DanBrown" })

CREATE (account3:Account {
FirstName: "Marry",
LastName: "Williams",
FullName: "MarryWilliams" })
// Create Address
CREATE (address1:Address {
Street: "1st Street",
```

```
City: "Moscow",
ZipCode: "101111" })
// Connect 3 account holders to 1 address
CREATE (account1)-[:HAS_ADDRESS]->(address1),
(account2)-[:HAS_ADDRESS]->(address1),
(account3)-[:HAS_ADDRESS]->(address1)
// Create Phone Number
CREATE (phoneNumber1:PhoneNumber { PhoneNumber: "8919-123-456"
})
// Connect 2 account holders to 1 phone number
CREATE (account1)-[:HAS_PHONENO]->(phoneNumber1),
(account2)-[:HAS_PHONENO]->(phoneNumber1)
// Create PassportNo1
CREATE (PassportNo1:PassportNo { PassportNo: "EF123456" })
// Connect 2 account holders to 1 PassportNo1
CREATE (account2)-[:HAS_PASSPORTNO]->(PassportNo1),
(account3)-[:HAS_PASSPORTNO]->(PassportNo1)
// Create PassportNo2 and connect account1
CREATE (PassportNo2:PassportNo { PassportNo: "EF234567" })<-
[:HAS_PASSPORTNO]-(account1)
// Create Debit Card and connect account1
CREATE (DebitCard1:DebitCard {
AccountNumber: "011111111",
Balance: 8000 })<-[:HAS_DEBITCARD]-(account1)
// Create Credit Card and connect account1
CREATE (CreditCard1:CreditCard {
AccountNumber: "111111111",
Limit: 5000, Balance: 2000,
ExpirationDate: "01-01",
SecurityCode: "123" })<-[:HAS_CREDITCARD]-(account1)
// Create Debit Card and connect account2
CREATE (DeditCard2:DeditCard {
AccountNumber: "022222222",
Balance: 9000 })<-[:HAS_DEBITCARD]-(account2)
// Create Credit Card and connect account2
CREATE (CreditCard2:CreditCard {
AccountNumber: "122222222",
Limit: 4000, Balance: 1500,
ExpirationDate: "01-02",
SecurityCode: "456" })<-[:HAS_CREDITCARD]-(account2)
// Create Unsecured Loan and connect account2
CREATE (UnsecuredLoan1:UnsecuredLoan {
AccountNumber: "211111111",
Balance: 9000,
APR: .0541,
LoanAmount: 12000.00 })<-[:HAS_UNSECUREDLOAN]-(account2)
// Create Debit Card and connect account3
CREATE (DeditCard3:DeditCard {
AccountNumber: "033333333",
Balance: 12000 })<-[:HAS_DEBITCARD]-(account3)
// Create Unsecured Loan and connect account3
CREATE (unsecuredLoan2:UnsecuredLoan {
```

```
AccountNumber: "222222222",
Balance: 16341.95, APR: .0341,
LoanAmount: 22000.00 })<-[:HAS_UNSECUREDLOAN]-(account3)
// Create Phone Number and connect account3
CREATE (phoneNumber2:PhoneNumber {
PhoneNumber: "8919-234-567" })<-[:HAS_PHONENO]-(account3)
RETURN *
```

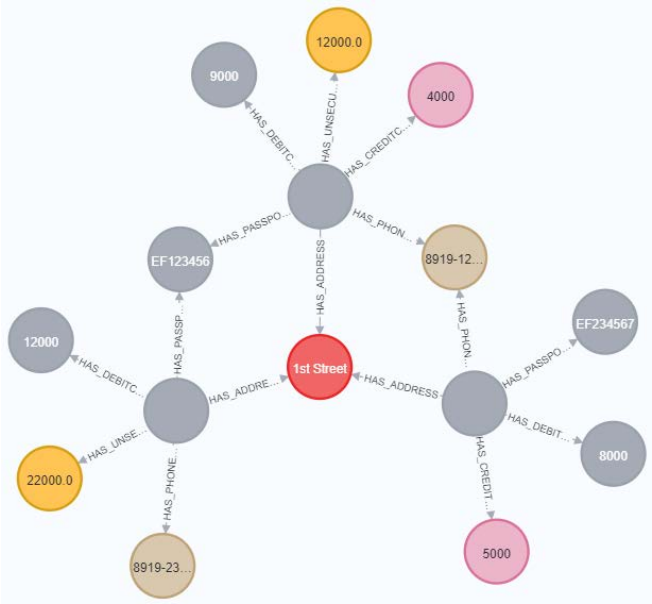


Fig. 2. Links

Find account holders who share more than one piece of legitimate contact information.

Query 2

```
MATCH (account:Account)-[]->(contactInformation)
WITH contactInformation,
count(account) AS RingSize
MATCH (contactInformation)<-[]-(account)
WITH collect(account.FullName) AS AccountHolders,
contactInformation, RingSize
WHERE RingSize > 1
RETURN AccountHolders AS FraudRing,
labels(contactInformation) AS ContactType,
RingSize
ORDER BY RingSize DESC
```

	FraudRing	ContactType	RingSize
1	["MarryWilliams", "DanBrown", "JackSmith"]	["Address"]	3
2	["DanBrown", "JackSmith"]	["PhoneNumber"]	2
3	["MarryWilliams", "DanBrown"]	["PassportNo"]	2

Fig. 3. Record

Determine the financial risk of a possible fraud ring.

Query 3

```
MATCH (account:Account)-[]->(contactInformation)
WITH contactInformation,
count(account) AS RingSize
MATCH (contactInformation)<-[]-(account),
(account)-[r:HAS_CREDITCARD|HAS_UNSECUREDLOAN]-
>(unsecuredAccount)
WITH collect(DISTINCT account.FullName) AS AccountHolders,
contactInformation, RingSize,
SUM(CASE type(r)
WHEN 'HAS_CREDITCARD' THEN unsecuredAccount.LIMIT
WHEN 'HAS_UNSECUREDLOAN' THEN unsecuredAccount.Balance
ELSE 0
END) AS FinancialRisk
WHERE RingSize > 1
RETURN AccountHolders AS FraudRing,
labels(contactInformation) AS ContactType,
RingSize,
round(FinancialRisk) AS FinancialRisk
ORDER BY FinancialRisk DESC
```

	FraudRing	ContactType	RingSize	FinancialRisk
1	["MarryWilliams", "DanBrown", "JackSmith"]	["Address"]	3	25342
2	["MarryWilliams", "DanBrown"]	["PassportNo"]	2	25342
3	["DanBrown", "JackSmith"]	["PhoneNumber"]	2	9000

Fig. 4. Record

Conclusion

As the result, we can see the accounts of those public information, and you can also check the possible financial risks of the fraud circle and predict the composition of the members in the fraud circle.

Bibliography

1. Fraud Examination. 6 Edition. / W. Steve Albrecht, Mark F. Zimbelman, Chad O. Albrecht, Conan C. Albrecht. – Published 2018 by Cengage Learning International Edition, 696 pp.
2. AI and Machine Learning: Harness the world's leading AI-powered fraud detection platform. [Электронный ресурс] : Fraud.net – Режим доступа: https://fraud.net/solutions/ai-machine-learning/
3. Arianit Mehana, Krenare Prieva Nuci. Fraud detection using data-driven approach. – arXiv:2009.06365v1 [cs.LG] 8 Sep 2020 7pp [Электронный ресурс]: ArXiv.org – Режим доступа :https://arxiv.org/pdf/2009.06365.pdf
4. Michael Wallner. Event-based fraud detection with direct customer calls using Amazon Connect. on 14 Jun 2021 in Amazon Connect [Электронный ресурс]: Amazon.com – Режим доступа: https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/event-based-fraud-detection-with-direct-customer-calls-using-amazon-connect/
5. L. Zheng, G. Liu, C. Yan and C. Jiang, "Transaction Fraud Detection Based on Total Order Relation and Behavior Diversity," in IEEE Transactions on Computational Social Systems, vol. 5, no. 3, pp. 796-806, Sept. 2018, doi: 10.1109/TCSS.2018.2856910.
6. Stop Fraud Rings in Their Tracks with Neo4j. [Электронный ресурс]: Use Cases: Fraud Detection & Analytics – Режим доступа: https://neo4j.com/use-cases/fraud-detection/
7. Everett Griffiths. Using Docker in API Gateway and Microservice Development. [Электронный ресурс]: CloudBees – Режим доступа: https://www.cloudbees.com/blog/using-docker-in-api-gateway-and-microservice-development
8. Tahereh Pourhabibi, Kok-Leong Ong, Booi H. Kam, Yee Ling Boo, Fraud detection: A systematic literature review of graph-based anomaly detection approaches, Decision Support Systems, Volume 133, 2020, 113303, ISSN 0167-9236,[Электронный ресурс]: Science Direct – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113303
9. Clive Edwards. Using Docker and Kubernetes to produce a scalable fraud detection API. [Электронный ресурс]: cedwards.info – Режим доступа: https://www.cedwards.info/projects/fraud/
10. Polong Lin, Pavan Kattamuri. How to build a serverless real-time credit card fraud detection solution. [Электронный ресурс]: Google Cloud – Режим доступа: https://cloud.google.com/blog/products/data-analytics/how-to-build-a-fraud-detection-solution
11. Build Real-Time Fraud Detection and Analytics with Confluent. [Электронный ресурс]: confluent.io – Режим доступа: https://www.confluent.io/use-case/fraud-detection/

Формирование базы данных обучающихся ВУЗа, как инструмента образовательного маркетинга

Г. Р. Катасонова, email: 1366galia@mail.ru [1]
А. С. Шкрум, email: doctor.shkrum@gmail.com [2]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
[2]Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. *Формирование базы данных персонального профиля студента с использованием технологии цифрового следа позволяет оценить его активность, мотивированность к обучению, сформированные компетенции для дальнейшей корректировки процесса обучения, как одного из инструментов образовательного маркетинга.*

Ключевые слова: *база данных, справочники, цифровой след, обучение, образовательный маркетинг.*

Введение

Основными вопросами образовательного маркетинга ВУЗов являются регулярный мониторинг востребованности образовательных услуг, сосредоточение ресурсов ВУЗа на услугах, которые отвечают современным требованиям в условиях развития цифрового общества, создание условий для успешного взаимодействия с потребителями образовательных услуг [6].

Дистанционная или смешанная формы обучения не всегда дают возможность успешного взаимодействия преподавателя и обучающегося, в отличии от очной, предоставляющей огромный выбор средств, методик и технологий для обучения и оценивания результатов. В условия вирусной пандемии большую актуальность получили формы смешанного обучения [1] при которых активно используются электронные образовательные ресурсы [5], [9], специализированные информационные системы [10] и учебная аналитика (процесс сбора и анализа цифрового следа) [11] для лучшего понимания преподавателем прохождения обучающимися учебного процесса, степени достижения ими цели при выполнении образовательных задач, постановки актуальных вопросов с решением существующих проблем [2].

© Катасонова Г. Р., Шкрум А. С., 2022

1. Формирование цифрового следа

Для формирования индивидуального цифрового профиля студента и составления когнитивной модели обучающегося необходимо создать базу данных для хранения и обработки разнородных данных с дальнейшей, при необходимости, интеграцией с образовательной средой ВУЗа.

Для эффективной работы с цифровым следом формируется справочник, где собранная информация проверяется на ошибки, массивы разбиваются на минимальные сектора данных. Далее собранная информация загружается в базу данных для удобства анализа и создания отчетов.

Для правильного сбора цифрового следа и формирования справочника (рубрикаторов) необходимо соблюдать следующие правила:

1. наличие уникального ключа у каждого пользователя, идентифицирующего его как участника коммуникационного процесса;
2. полнота получаемых данных (если пользователь есть в какой-либо системе, но не указывает это в анкете, то его профиль не будет привязан в справочнике, что сделает разметку цифрового следа по пользователю в выбранном мероприятии некорректным);
3. хранение полученной информации в базе данных (для удобства составления SQL);
4. вопросы в анкете для создания справочника должны иметь однозначные формулировки и ответы.

При формирования первичной анкеты для справочника используется платформа с удобным пользовательским интерфейсом Google и дальнейшей обработкой данных в табличном процессоре MS Excel.

На сегодняшний день существует множество информационных систем для сбора цифрового следа:

1. системы коммуникации – мессенджеры для передачи, в основном, текстового потока информации (Viber, Одноклассики, Telegram, ВКонтакте, WhatsApp, Facebook). Основными источниками сбора цифрового следа являются в данной категории общение в чатах, написанные тексты, смайлики, статистическая информация о взаимодействиях пользователей между собой. На их основе можно с помощью рубрикаторов выделять основные термины и темы обсуждения, понять общий настрой группы пользователей, выделить периоды наибольшей активности и коммуникации пользователей, выявить самый популярный канал для общения.
2. сервисы для видео и аудио коммуникаций – Zoom, Google Meet, Skype, Vebinar. В данных информационных системах главной задачей является сбор аудио записей (аудио дорожки переводятся в текст),

информация о подключении к беседе и выхода из нее, активности в чате (чат-логи), количество и частота включений микрофона.

3. системы для совместной работы над проектами, задачами (Yougile, Trello, Bitrix, Tems);

4. системы для совместной работы над документами с помощью сервисов Google, Microsoft.

Чаще всего в образовательном процессе при смешанном обучении используют системы Zoom, Moodle, Google Meet, ВКонтакте, WhatsApp (рис. 1).

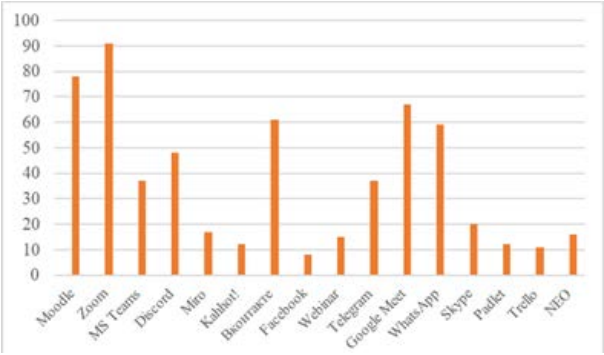


Рис. 1. Популярные образовательные сервисы в 2021 году

2. Формирование базы данных

После подключения полученных данных к базе данных с целью загрузки цифрового следа из мессенджеров Discord, Telegram, ВКонтакте, Slack, MS Teams, Padlet и настройки системы для сбора цифрового следа происходит дальнейшая выгрузка тех или иных данных (данные о сообщениях, коммуникациях) для отправки программистам для обработки. Программисты в зависимости от типа данных пишут скрипт, к примеру, для выгрузки эмотиконов (паралингвистические средства письменной коммуникации) из текста с целью уточнения, конкретизации смысла основного сообщения.

Существует много современных инструментов визуализации аналитики, которые позволяют осуществить сбор данных в определенное время автоматически (Cron, PostgreSQL, MySQL, Python, Google Data Studio, R) для формирования дашборда, как эффективного способа представления данных, полученных из нескольких источников, для удобства анализа данных и дальнейшего принятия управленческого решения.

Если в недавнем прошлом, для составления дашбордов специалисты собирали и обрабатывали данные вручную, то сейчас сервисные платформы позволяют получать информацию в режиме реального времени. Грамотный дашборд создается на основе принципов визуализации данных, так как наглядная демонстрация информации (таблицы, линейные диаграммы, гистограммы и датчики) дает понятное и легкое восприятие ее пользователем. Для построения облака тегов используются специальные системы семантического анализа, где учитываются слова, длина, время, количество сообщений. Графический вид собранных данных можно получить с помощью различных программ, например, Dbdiagram.io.

На рис. 2 представлена диаграмма выгрузки текстового контента из информационной платформы Telegram за первый семестр 2021-2022 учебного года. В качестве инструмента использовалась платформа Google Data Studio.

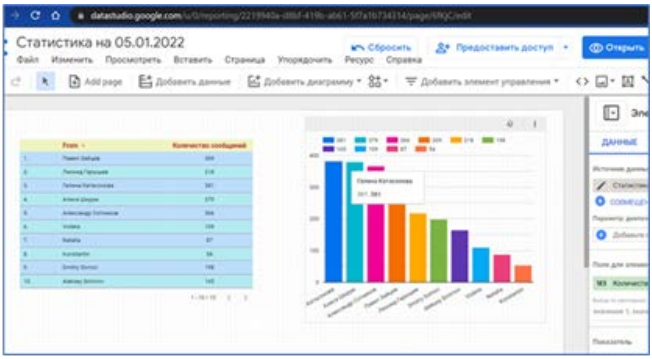


Рис. 2. Окно платформы Google Data Studio

При смешанных формах обучения, благодаря сбору данных цифрового следа у обучающихся, в базе данных фиксируются следующая информация:

1. Посещаемость видеолекций;
2. Среднее время пребывания на видеолекциях;
3. Активность участников образовательного процесса во время видеолекций;
4. Анализ тональности сообщений в чатах;
5. Анализ тональности рефлексий в LMS;
6. Семантический анализ используемых узкоспециализированных понятий и ключевых терминов при изучении различных дисциплин [3];
7. Количество участников командных проектов;

8. Динамика активности участников в чатах команд в течении суток;
9. Количество сообщений и командное взаимодействие в сетях;
10. Статистические индикаторы общения на форумах;
11. Файлы с результатами тестов и выполненных практических работ;
12. Результаты анкетирования студентов;
13. Число посещений страниц информационного ресурса;
14. Отзывы и комментарии к разработанным преподавателем курсам;
15. Журналы балльно-рейтинговой системы.

Заключение

Следует помнить, что технология сбора цифрового следа требует определенного уровня самоорганизации как у обучающихся, так и у руководства ВУЗа, преподавателей, разработчиков методического контента [4], исследователей образовательных моделей [7], [8] и педагогического дизайнера в области инновационных технологий.

Чаще всего, информационные системы, задействованные в образовательном процессе, фиксируют количество сообщений между студентами и преподавателями, активность студентов во время видеолекций и выполнение поставленных задач при разработке командных (групповых) проектов.

Правильно использованные технологии сбора цифрового следа, формирование баз данных, аналитические инструменты по формированию цифровых профилей обучающихся являются одними из эффективных инструментов образовательного маркетинга ВУЗа, благодаря которым разрабатываются рекомендации по дальнейшему совершенствованию образовательного процесса и систем мониторинга его эффективности.

Список литературы

1. Абрамян, Г.В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г.В. Абрамян, Г.Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 3. С. 41

2. Арзуманян, Ю.В. Использование количественных методов анализа образовательной программы / Ю.В. Арзуманян, М.Б. Вольфсон, А.А. Захаров, А.Д. Сотников // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2020). Сборник научных статей IX Международной научно-технической и научно-методической конференции. В 4-х т.. Санкт-Петербург, 2020. С. 601-605.

3. Катасонова, Г.Р. Проектная деятельность студентов медицинского вуза в условиях развития цифровых образовательных технологий / Г.Р. Катасонова, А.С. Шкрум // Конструктивные педагогические заметки. 2021. № 9-1 (15). С. 144-164.

4. Катасонова, Г.Р. Значимость развития цифровых образовательных технологий в условиях всеобщего дистанционного обучения / Г.Р.

Катасонова // В сборнике: Цифровизация образования: вызовы современности. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Редколлегия: Р.И. Кириллова, Н.Н. Тимофеева. 2020. С. 121-125.

5. Катасонова, Г.Р. Интернет-ресурсы образовательной организации / Г.Р. Катасонова // В сборнике: Актуальные проблемы психологии и педагогики. Материалы международной научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. 2016. С. 294-299.

6. Катасонова, Г.Р. Организация коммуникаций между студентами и преподавателями в условиях нарастания цифровизации общественного пространства / Г.Р. Катасонова, А.С. Шкрум // В сборнике: Культура, образование и искусство: традиции и инновации. Сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции ученых-исследователей, специалистов, преподавателей вузов, колледжей, школ, учреждений дополнительного образования, руководителей образовательных учреждений, аспирантов, студентов научно-практической конференции, посвященной 110-летию нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина. Нижний Новгород, 2021. С. 140-145.

7. Катасонова, Г.Р. Использование моделей информационного взаимодействия в обучении / Г.Р. Катасонова, А.Д. Сотников, Е.В. Стригина // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. 2015. С. 1557-1561.

8. Сотников, А.Д. Современные аспекты высшего образования в информационно-цифровом обществе / А.Д. Сотников, Г.Р. Катасонова // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2018. № 2 (35). С. 138-144.

9. Шкрум, А.С. Тенденции применения аддитивных технологий в различных предметных областях и в медицинской сфере / А.С. Шкрум, Г.Р. Катасонова // Уральский медицинский журнал. 2020. № 5 (188). С. 216-220.

10. Shkrum, A.S. Use of additive technologies in dentistry / A.S. Shkrum, G.R. Katasonova // В сборнике: Information Innovative Technologies. Materials of the International scientific – practical conference. Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A., 2020. С. 24-28.

11. Аналитика обучения: маршрут в будущее? https://sberbank-university.ru/upload/iblock/622/16_EduTech_demo_0.pdf Дата обращения [05.01.2022]

12. Университет 20.35 https://2035.university/ Дата обращения [05.01.2022]

Структура чисел

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Работа посвящена описанию структуры различных видов чисел при помощи унифицированного языка описания структур.*

Ключевые слова: *модели данных, языки описания данных, структуры, числа, структура чисел, унифицированный язык описания структур.*

Введение

Данная работа является продолжение серии работ связанных с разработкой унифицированного подхода к описанию структур различных объектов [2, 8]. В поисках такого подхода был разработан унифицированный язык описания структур, который был использован для описания структуры текстовых данных [2], структуры времени, структуры различных моделей данных [2-7], структуры некоторых математических объектов [8]. Данная работа посвящена использованию унифицированного языка для описания структуры чисел.

1. Унифицированный язык описания структур

При помощи языка можно описывать структуру различных объектов. Структура описывается при помощи формулы следующим образом:

1. Выявляется атомарный элемент, который будет рассматриваться как неделимый, т.е. не имеющей своей внутренней структуры. Записывается символ «а».
2. Выявляется группа (множество или список), содержащая атомарные элементы. Справа от символа «а» записывается символ «м», если группа представляет собой множество, или символ «с», если группа представляет собой список.
3. Если есть возможность, выявляется группа (множество или список), содержащая группы, каждая из которых имеет структуру, выявленную на предыдущем шаге. Справа от формулы, полученной на предыдущем шаге, записывается символ «м» или «с» соответственно.
4. Предыдущий шаг повторяется необходимое количество раз.

© Рубцов Е. А., 2022

5. Если полученную структуру нужно представить в виде атомарного элемента для описания структуры верхнего уровня, то справа от полученной формулы записывается символ «а». Если для описания структуры верхнего уровня нужно использовать атомарные элементы полученной структуры, но с учетом их расположения в этой структуре, то справа от полученной формулы записывается символ «э». Далее осуществляется переход к шагу 2.

Записанная на каждом шаге формула (начиная с формулы атомарного элемента и заканчивая итоговой формулой) описывает элемент итоговой структуры.

Примеры формул: «ам», «ас», «амм», «амс», «амсм» и т.д.

После каждого символа в качестве нижнего индекса можно указать число, обозначающее:

– для атомарных элементов – количество возможных различных атомарных элементов;
– для множества – мощность множества;
– для списка – длину списка.

Идущие подряд несколько одинаковых символов можно заменить на один символ, указав после символа в качестве верхнего индекса количество повторов.

Для обозначения множества всех возможных элементов используется символ «М». Например, «аМ» – множество всех атомарных элементов, «амМ» – множество всех возможных множеств, содержащих атомарные элементы.

Для обозначения списка, в котором нет повторяющихся элементов, используется символ «С».

В таблице 1 представлены отличия между множеством и списком.

Таблица 1

Отличия между множеством и списком

Множество	**Список**
Все элементы уникальны	Элементы могут повторяться
Элементы неупорядочены	Элементы упорядочены
Размер определяется мощностью множества	Размер определяется длиной списка
Максимальный размер не ограничен	Максимальный размер равен мощности множества натуральных чисел

Описание структуры, с учетом смысловой нагрузки каждого элемента, выполняется при помощи специальной таблицы, пример которой приведен на рис.1.

РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ										
4	а	м	с	м						
а	значение									
м	домен									
с	отношение									
м	множество отношений									

Рис. 1. Описание структуры реляционной модели данных

В начале таблицы представлено название объекта, структура которого описывается: «реляционная модель данных». Далее следует строка, содержащая длину формулы и сама формула: «4», «амсм». Далее для каждого элемента структуры идет описание его смысловой нагрузки: «а» – значение, «ам» – домен, «амс» – отношение, «амсм» – множество отношений. Для краткости в каждой строке указывается только последний символ формулы, описывающей данный элемент. В итоге получаем ту же самую формулу, что и во второй строке, но написанную вертикально. Читая формулу сверху вниз можно воспроизвести процесс синтеза структуры. Читая формулу снизу вверх можно воспроизвести процесс анализа структуры.

СТИХОТВОРЕНИЕ										
5	а	с	с	с	с					
а	буква									
с	слово									
с	стих									
с	строфа									
с	стихотворение									

Рис. 2. Описание структуры стихотворения

На рис. 2 в качестве еще одного примера приведено описание структуры стихотворения. В начале идет название объекта: «стихотворение». Далее формула, с указанием ее длины: «5», «асссс». Далее описание смысловой нагрузки каждого элемента структуры: «а» – буква, «ас» – слово, «асс» – стих, «ассс» – строфа, «асссс» – стихотворение. Читая формулу сверху вниз получаем процесс синтеза структуры: из букв собирается слово, из слов собирается стих, из стихов

собирается строфа, из строф собирается стихотворение. Читая формулу снизу вверх получаем процесс анализа структуры: стихотворение разбивается на строфы, строфы разбиваются на стихи, стихи разбиваются на слова, слова разбиваются на буквы.

Далее будут рассмотрены некоторые результаты применения унифицированного языка для описания структуры чисел.

2. Цифры

Возьмем n различных символов обозначающих цифры, где n – основание системы счисления. Для задания порядка цифр создадим список длины n, в котором все элементы будут уникальны. Формула данного списка представлена на рис. 3.



Рис. 3. Порядок цифр

Для обозначения цифры с учетом ее порядка в списке цифр будем использовать атомарный элемент, рассматриваемый с учетом его положения в структуре, отображенной на рис. 3. Формула такого элемента показана на рис. 4.



Рис. 4. Цифра

В дальнейшем при помощи символа «а» будем обозначать цифру с учетом ее порядка в списке цифр. При помощи символа «о» будем обозначать первый элемент в этом списке.

3. Базовое множество

В качестве атомарных элементов будем рассматривать цифры, как элементы списка, заданного при помощи структуры, отображенной на рисунке 3. Базовым множеством будем называть множество всех возможных бесконечных списков атомарных элементов. Формула базового множества представлена на рис. 5.



Рис. 5. Базовое множество

Для обозначения списка, содержащего в себе только один определенный элемент, будем указывать в качестве нижнего индекса

(перед длиной списка) обозначение этого элемента в круглых скобках (см. рис. 6).

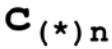


Рис. 6. Список длины n, содержащий только элемент *

Для обозначения списка, в конце которого указан определенный элемент, будем указывать в качестве нижнего индекса (перед длиной списка) обозначение этого элемента, после которого будет идти круглая закрывающая скобка (см. рис. 7). Если в качестве длины списка указана бесконечность, то будем считать, что список заканчивается бесконечным повтором данного элемента.

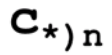


Рис. 7. Список длины n, заканчивающийся элементом *

Для обозначения списка, в конце которого не указан определенный элемент, будем указывать в качестве нижнего индекса (перед длиной списка) символ отрицания «¬», далее обозначение элемента, после которого будет идти круглая закрывающая скобка (см. рис. 8). Если в качестве длины списка указана бесконечность, то будем считать, что список не заканчивается бесконечным повтором данного элемента.

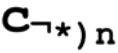


Рис. 8. Список длины n, который не заканчивается элементом *

Базовое множество можно представить в виде пересечения трех непересекающихся подмножеств (см. рис. 9). Вертикальная запись означает, что элемент структуры может быть представлен несколькими разными формулами. Символ «M» означает множество всех возможных элементов, соответствующих одной из формул, записанных слева.

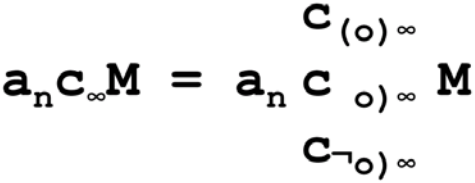


Рис. 9. Подмножества базового множества

Первое подмножество содержит один единственный элемент, представляющий собой бесконечный список, содержащий в каждой своей позиции элемент «о». Второе подмножество содержим в себе все бесконечные списки, которые заканчиваются бесконечным повтором элемента «о» и которые содержат в себе хотя бы один элемент, отличный от элемента «о». Третье подмножество содержит в себе все бесконечные списки, которые не заканчиваются бесконечным повтором элемента «о». Любой элемент базового множества принадлежит одному и только одному из этих подмножеств.

Элемент из первого подмножества можно трактовать как число «ноль». Второе подмножество можно отобразить в множество натуральных чисел следующим образом (в примере в качестве символов, обозначающих цифры, выбраны обычные арабские цифры от 0 до 9): списку (0, 3, 0, 0, 0, …) сопоставим число 30, списку (1, 0, 2, 3, 0, 0, 0, …) сопоставим число 3201 и т.д. Третье подмножество можно отобразить в множество всех вещественных чисел в интервале (0, 1]. Данное отображение можно выполнить превращением списка вида (1, 2, 3, 4,…) в число 0.1234…. При этом вещественным числам, заканчивающимся нулем в периоде сопоставляются списки, заканчивающиеся бесконечным повтором цифры 9. Т.е. для вещественных чисел, заканчивающихся нулем в периоде, используются их идентичные формы записи, заканчивающиеся девяткой в периоде: 0.123(9) вместо 0.124(0). Т.е. число 0.124 будет представлено списком (1, 2, 3, 9, 9, 9, …). Единице будет соответствовать бесконечный список, состоящий только из девяток: (9, 9, 9, …).

В дальнейшем три подмножества базового множества будем обозначать буквами O, N, R соответственно.

4. Вещественные числа

Положительное вещественное число большее единицы можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству N (целая часть числа), а второй элемент – подмножеству R (дробная часть числа). Например, число π будет представлено следующим образом: ((3, 0, 0, 0, …), (1, 4, 1, 5, 9, …)). Число 13 будет представлено следующим образом: ((2, 1, 0, 0, …), (9, 9, 9, 9, 9, …)). Положительное вещественное число большее нуля и меньшее или равное единице можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству O (целая часть числа, выраженная нулем), а второй элемент – подмножеству R (дробная часть числа). Число 0.5 будет представлено следующим образом: ((0, 0, 0, …), (4, 9, 9, 9, …)). Число 1 будет представлено следующим образом: ((0, 0, 0, …), (9, 9, 9, 9, …)). Число ноль можно представить в виде списка из

двух элементов, в котором оба элемента принадлежат подмножеству O: ((0, 0, 0, …), (0, 0, 0, …)). Отрицательное вещественное число меньшее нуля, но большее или равное минус единице можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству R (дробная часть числа), а второй элемент – подмножеству O (целая часть числа, выраженная нулем). Число минус 0.5 будет представлено следующим образом: ((4, 9, 9, 9, …), (0, 0, 0, …)). Число минус 1 будет представлено следующим образом: ((9, 9, 9, 9, …), (0, 0, 0, …)). Отрицательное вещественное число меньшее минус единицы можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству R (дробная часть числа), а второй элемент – подмножеству N (целая часть числа). Например, число минус π будет представлено следующим образом: ((1, 4, 1, 5, 9, …), (3, 0, 0, 0, …)). Число минус 13 будет представлено следующим образом: ((9, 9, 9, 9, 9, …), (2, 1, 0, 0, …)). Полное множество вещественных чисел может быть представлено формулой, изображенной на рис. 10.



Рис. 10. Множество вещественных чисел

5. Целые числа

Положительное целое число можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству N (целая часть числа), а второй элемент – подмножеству O (дробная часть числа, выраженная нулем). Например, число 21 будет представлено следующим образом: ((1, 2, 0, 0, 0, …), (0, 0, 0, …)). Число ноль можно представить в виде списка из двух элементов, в котором оба элемента принадлежат подмножеству O: ((0, 0, 0, …), (0, 0, 0, …)). Отрицательное целое число можно представить в виде списка из двух элементов, в котором первый элемент принадлежит подмножеству O (дробная часть числа, выраженная нулем), а второй элемент – подмножеству N (целая

часть числа). Например, число минус 21 будет представлено следующим образом: ((0, 0, 0, …), (1, 2, 0, 0, 0, …)). Полное множество целых чисел может быть представлено формулой, изображенной на рис. 11.

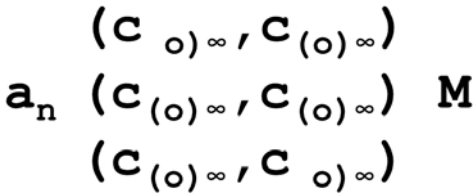


Рис. 11. Множество целых чисел

Множество натуральных чисел может быть представлено так же как и множество всех положительных целых чисел (см. рис. 12).



Рис. 12. Множество натуральных чисел

6. Рациональные числа

Любое рациональное число можно представить в виде дроби, у которой числитель принадлежит целым числам, а знаменатель – натуральным. Одно и то же рациональное число может быть записано разными, но эквивалентными рациональными дробями [1]. В рамках унифицированного языка описания структур рациональную дробь можно представить в виде списка из двух элементов, первый из которых является списком из двух элементов, описывающим целое число, а второй – списком из двух элементов, описывающим натуральное число. Множество всех рациональных дробей может быть представлено формулой, изображенной на рис. 13.

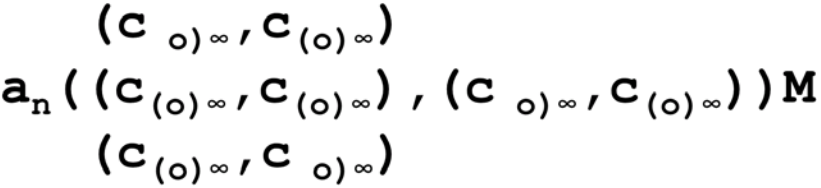


Рис. 13. Множество рациональных дробей

7. Комплексные числа

Комплексное число – число вида a + bi, где a, b – вещественные числа, i – мнимая единица. Комплексное число можно представить в виде списка из двух элементов, каждый из которых является списком, описывающим вещественное число. Множество всех комплексных чисел может быть представлено формулой, изображенной на рис. 14.

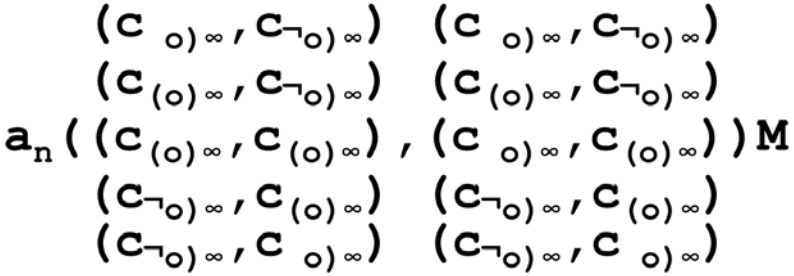


Рис. 14. Множество комплексных чисел

8. Общая формула структуры чисел

На рисунке 15 представлена общая формула, описывающая структуру чисел. При k = 0 получаем формулу базового множества. При k = 1 получаем общую формулу натуральных, целых и вещественных чисел. При k = 2 получаем общую формулу рациональных дробей и комплексных чисел. Число n – основание системы счисления.

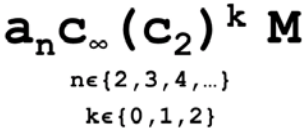


Рис. 15. Общая формула структуры чисел

С учетом порядка цифр формула будет выглядеть так, как показано на рисунке 16.

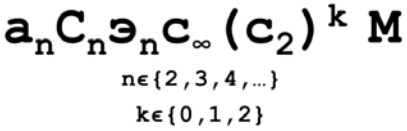


Рис. 16. Общая формула структуры чисел с учетом порядка цифр

Заключение

При помощи унифицированного языка описания структур было выполнено описание структуры натуральных, целых, рациональных, вещественных и комплексных чисел. Была выведена общая формула структуры чисел.

Список литературы

1. Математическая энциклопедия [Электронный ресурс] : словари и энциклопедии – Режим доступа: http://endic.ru/enc_math/ .
2. Рубцов, Е. А. Унифицированный язык описания структур / Е. А. Рубцов // Материалы XX межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2020), (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 1283-1291.
3. Bachman, C.W. Data structure diagrams / C.W. Bachman // ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems. – Summer 1969. – Volume 1, Issue 2. – pp 4-10.
4. Codd, E. F. A relational model of data for large shared data banks / E.F. Codd // Communications of the ACM. – June 1970. – Volume 13, Issue 7. – pp 377–387.
5. Senko, M. E. Data structures and accessing in data-base systems. / M.E. Senko, E.B. Altman, M.M. Astrahan, P.L Fehder // IBM Systems Journal. – March 1973. – Volume 12, Issue 1 – pp 30-93.
6. Chen, P. P. The Entity-Relationship Model – Toward A Unified View of Data / P. P. Chen // Papers from the international conference on very large databases, Volume 1 Issue 1 (Framingham, 22–24 September 1975). – Framingham, 1975. – pp 9-36.
7. Codd, E. F. Providing OLAP (on-line analytical processing) to user-analysts: an IT mandate / E. F. Codd, S. B. Codd, C. T. Salley; Codd & Date, Inc, 1993. – 26 p.
8. Рубцов, Е. А. Описание структуры математических объектов / Е. А. Рубцов // Материалы XXI межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2021), (Воронеж, 11-12 февраля 2021 г.). – Воронеж, 2021. – С. 1022-1029.

Разработка учебного проекта системы информационной поддержки эксплуатации автоматизированных систем специального назначения

А. Н. Ундозерова, email: und-alla@rambler.ru

ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются некоторые аспекты реализации учебного проекта системы информационной поддержки эксплуатации автоматизированных систем, представлена авторская модель процессов и логическая модель данных автоматизированной системы, предлагаемые типовые интерфейсы приложения и шаблон выходного документа.*

Ключевые слова: *учебный проект, система информационной поддержки, эксплуатация автоматизированных систем, автоматизированные системы специального назначения, модель процессов, модель данных, приложение, шаблон документа.*

Введение

Для формирования общепрофессиональных и профессиональных компетенций коллективной работы и управления коллективом исполнителей на занятиях по дисциплине «Моделирование и проектирование систем» целесообразно применение проектного метода, заключающегося в выполнении в течение всего семестра коллективного задания с назначением из числа обучающихся руководителя проекта, который по согласованию с преподавателем распределяет роли участников проекта (постановщик задач, разработчик, тестировщик и т.д.) и задачи, реализующие отдельные функции подсистем проекта. В качестве задания предлагается разработать проект системы информационной поддержки эксплуатации автоматизированных систем специального назначения (АССН). В проект входят задачи формирования планов обеспечения подразделений штатно-табельной техникой связи и автоматизированных систем управления (АСУ), актов приема вооружений, техники, имущества и других материальных средств, в том числе проверки тары и упаковки, документов транспортных средств, приказов о постановке техники связи и АСУ на длительное хранение, актов технического состояния вооружения и военной техники (ВВТ), ведомостей состояния ВВТ, имущества и других материальных средств,

© Ундозерова А. Н., 2022

сетевых графиков, календарных планов-графиков и актов выполнения работ по техническому диагностированию, техническому обслуживанию и войсковому ремонту ВВТ, рекламационных актов; расчета показателей невосстанавливаемых элементов комплекса средств автоматизации (КСА), надежности восстанавливаемых систем, качества систем контроля и технического обслуживания, текущего ремонта и технического обслуживания и др.

Автоматизированная система (АС) предназначена для реализации информационной технологии выполнения установленных функций и задач, представляющих собой формализованные совокупности автоматических действий, выполнение которых приводит к результату заданного вида. В процессе разработки автоматизированной системы курсанты закрепляют знания и навыки, полученные при изучении дисциплин «Программирование» и «Базы данных», а также знакомятся с предметной областью «Эксплуатация автоматизированных систем специального назначения».

1. Постановка задачи и техническое задание на разработку системы

Создание автоматизированной системы начинается с разработки заказчиком постановки задачи. Разработчик может оказывать помощь заказчику при разработке постановки задачи. Содержание документа регламентируется нормативным документом РД 50-34.698-90 Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов [1]: характеристики комплекса задач; выходная информация; входная информация.

В разделе «Характеристики комплекса задач» приводят: назначение комплекса задач; перечень объектов, при управлении которыми решают комплекс задач; периодичность и продолжительность решения; связи данного комплекса задач с другими комплексами (задачами) АС; должности лиц и (или) наименования подразделений, определяющих условия и временные характеристики конкретного, решения задачи и т.д.

Раздел «Выходная информация» содержит: перечень и описание выходных сообщений и структурных единиц информации выходных сообщений. Раздел «Входная информация» должен содержать: перечень и описание входных сообщений и структурных единиц информации входных сообщений. Допускается предоставлять иллюстрационный материал, таблицы или текст вспомогательного характера, а также документы, имеющие самостоятельные обозначения (чертежи форм документов, описание массивов информации, схемы и т. д.), прототипы экранных форм документов.

Техническое задание на АС в соответствии с ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения [3] представляет собой документ, оформленный в установленном порядке и определяющий цели создания АС, требования к АС и основные исходные данные, необходимые для ее разработки, а также план-график создания АС. Документ оформляется разработчиком проекта согласно ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы [4] и содержит девять основных разделов.

В документе указывается назначение и цели создания системы, устанавливаются требования к системе в целом и к видам обеспечений (математическому, информационному, лингвистическому, программному и пр.), определяется состав и содержание работ по созданию системы и др.

С 1 января 2022 г. введены в действие новые государственные стандарты, поясняющие основные термины и определения проектирования автоматизированных систем и регламентирующие процесс разработки технического задания [5, 6].

2. Разработка моделей автоматизированной системы

На рис. 11 представлена типовая модель процессов учета операций эксплуатации ВВТ, на рис. 22 – декомпозиция первого уровня модели бизнес-процессов.

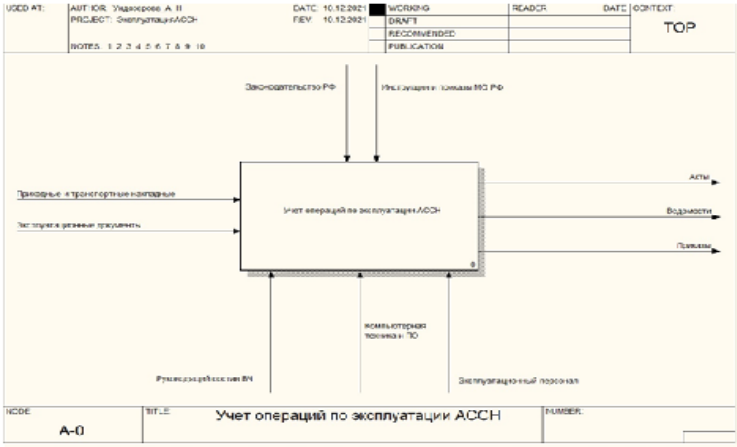


Рис. 1. Топ-диаграмма модели процессов учета операций эксплуатации ВВТ

Типовая модель процессов включает входную информацию в виде приходных и транспортных накладных, выходные документы – акты, ведомости, приказы и пр. Процесс управляется законодательными и нормативными актами РФ, инструкциями и приказами Министерства обороны РФ, осуществляется руководящим составом и эксплуатационным персоналом с помощью компьютерной техники и программного обеспечения.

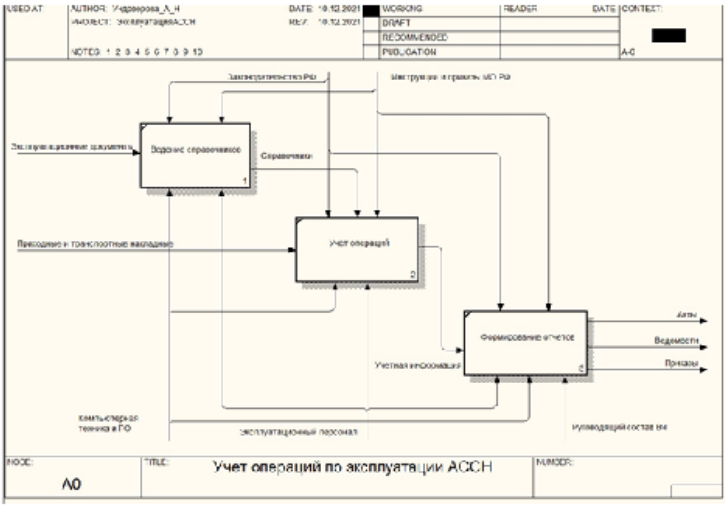


Рис. 2. Декомпозиция процессов учета операций эксплуатации ВВТ

Типовая модель может быть декомпозирована тремя функциями – ведением справочников, непосредственным учетом операций (работ) и формированием выходных документов (актов, ведомостей, приказов, сводных отчетов). При декомпозиции второй функции необходимо учитывать, что эксплуатация представляет собой стадию жизненного цикла образца вооружения «с момента его принятия воинской частью от завода-изготовителя или ремонтного предприятия до момента списания» [2, с. 7] и включает следующие основные этапы: ввод комплекса в эксплуатацию; приведение в установленную степень готовности к применению; поддержание в установленной степени готовности; применение по назначению; хранение; транспортирование.

3. Проектирование информационного и программного обеспечения автоматизированной системы

Алгоритмы функционирования автоматизированной системы разрабатываются, как правило, постановщиками задач, реализуются разработчиками программного обеспечения с использованием визуальных сред разработки, технологий языков программирования, изученных в рамках дисциплин «Информатика» и «Программирование». Справочная информация, результаты расчетов и формы документов хранятся в информационной базе данных с реляционной моделью.

Поскольку разработка модели данных требует определенной квалификации и опыта, курсантам предлагается готовая авторская логическая модель на уровне сущностей (рис. 3). Основной сущностью базы данных является Материальное_средство, к записям соответствующей таблицы которой относятся образцы ВВТ, имущество и другие материальные средства. В таблице, соответствующей сущности Документ хранятся акты, ведомости, планы-графики, приказы и пр. В таблице-прототипе сущности Работа содержатся строки Документа – Операции, выполняемые Военнослужащими над определенным Материальным_средством с оценкой текущего Состояния. Сущности Категория_Операции, Категория_материальных_средств, Поставщик, Воинская_часть, Подразделения/Службы и др. являются справочниками.

Проектирование отдельных фрагментов (представлений) базы данных выполняется курсантами-разработчиками баз данных и координируется руководителем проекта, которым осуществляется поддержка единой схемы базы данных, а также управление процессом разработки программного обеспечения системы.

В качестве примера приведем фрагмент базы данных для решения задачи формирования акта проведения технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ (рис. 4). Акты хранятся в таблице Документ, содержат строки, описывающие операции (диагностирование, техническое обслуживание или ремонт) определенного экземпляра ВВТ, выполненные определенным Военнослужащим. На физическом уровне в модель добавлены периодические атрибуты начала и окончания работ.

На рис. 5**Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлено приложение для формирования акта технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ. Главное меню приложения содержит пункты Справочники, Отчеты, О программе, Выход. При выборе подпункта меню Справочники имеется возможность просмотра или редактирования информации в базе данных.

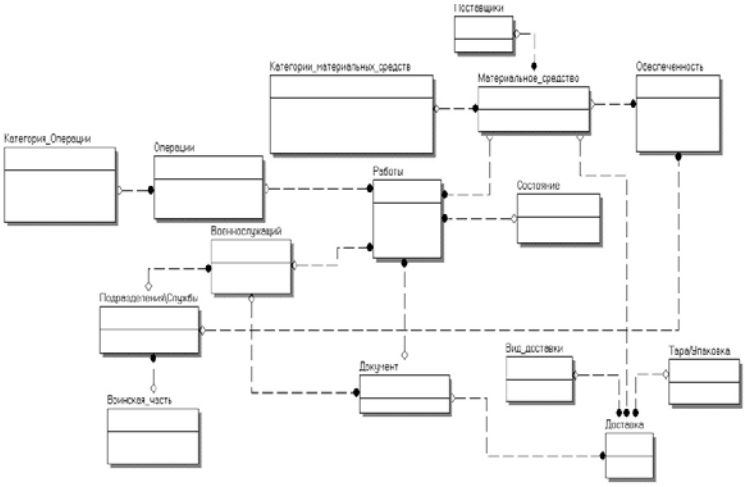


Рис. 3. Логическая модель данных на уровне сущностей

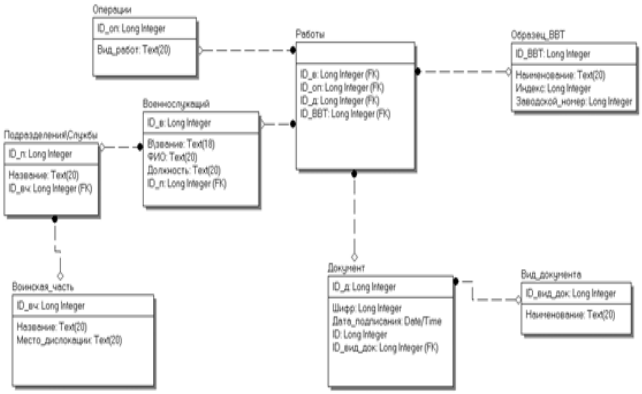


Рис. 4. Физическая модель данных задачи формирования акта технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ

Главная форма отображает информацию из связанных таблиц Военнослужащий, Документ, Образец_ВВТ, Операции и Работы, которая должна быть выгружена по строкам в отдельные документы – акты

технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ.

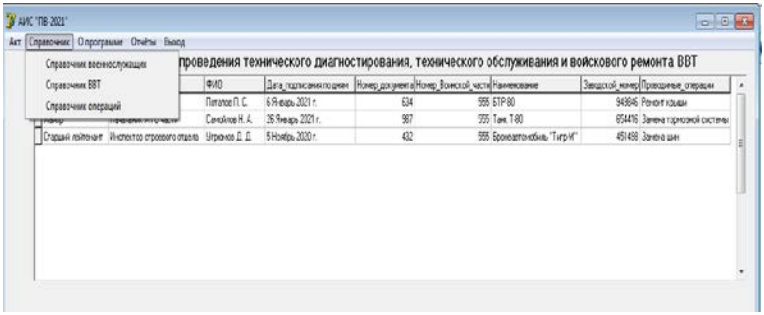


Рис. 5. Приложение для формирования акта технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ

Выбор пункта меню Акт позволяет сформировать итоговый выходной документ на основе шаблона Word (фрагмент на рис. 6). В приложении для этого описана переменная W типа variant и создается объект W:=CreateOleObject('Word.Application');. В поля, ограниченные символами ### и & выгружается информация из базы данных.

АКТ № ###номер_документа&

В войсковой части № ###номер_вч&

В соответствии с планом-графиком работ и на основании приказа командира войсковой части № 342 от ###дата_подписания& № ###номер_документа& проведено сервисное обслуживание образцов ВВТ.

С участием представителей ЯВВУ ПВО в количестве 2 человек.

1. Сервисное обслуживание (###проводимые_операции&) проведено на образцах ВВТ ###марка_М_С& в полном объеме, все образцы ВВТ, ЗИП к ним соответствуют требованиям эксплутационной документации, о чем сделана запись в формуляре образца ВВТ в разделе «Особые отметки» . Работы выполнены в неполном объеме из за наличия неустраненных неисправностей.
2. Техническое обслуживание неисправных образцов ВВТ будет завершено после устранения неисправностей.

Рис. 6. Шаблон акта технического диагностирования, технического обслуживания и войскового ремонта ВВТ

Заключение

Создание учебного проекта системы информационной поддержки эксплуатации автоматизированных систем специального назначения в рамках дисциплины «Моделирование и проектирование систем» способствует формированию навыков и развитию общепрофессиональных и профессиональных компетенций в области информатики и информационных технологий, закреплению знаний и умений, полученных при изучении дисциплин «Информатика», «Программирование», «Базы данных».

Выполнение учебной группой совместного проекта воспитывает коллективный дух, ответственность за общее дело, прививает навыки распределения ролей и разделения обязанностей при разработке программного обеспечения.

Список литературы

1. РД 50-34.698-90 Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов [Текст]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990.

2. Эксплуатация автоматизированных систем специального назначения : учебное пособие / С.В. Догадов, А.Б. Вишняков, Д.Г. Митюшов, А.М. Рудаков, В.А. Сухоруких ; Филиал Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (г. Ярославль). – Ярославль, 2014. – 180 с.

3. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990.

4. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Текст]. – Введ. 1990-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1989.

5. ГОСТ Р 59853-2021. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2022-01-01. – М. : Российский институт стандартизации, 2021.

Использование методов машинного обучения для повышения эффективности эксплуатации технологических трубопроводов

Д. Р. Хуснутдинов, email: damir_khr@mail.ru
Е. О. Смирнова, email: katifreedom1301@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В данной статье основное внимание уделено машинному обучению, и как его можно использовать для повышения эффективности эксплуатации технологических трубопроводов, посредством исследования коррозии метала. Корроозия – самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате определенного взаимодействия с окружающей средой. Физическое разрушение не является коррозией, а характеризуется понятиями эрозия, простыми словами износ. Причиной появления коррозии является термодинамическая изменчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, контактирующих с ними среде. Машинное обучение – это класс методов искусственного интеллекта, характеризующихся не прямым решением задачи, а обучение за счёт применения готовых или изученных ранее решений большого количества похожих задач.*

Ключевые слова: *Анализ, машинное обучения, коррозия металла, линейная регрессия.*

Введение

Исследование проводилось над готовой базой данных с готовыми характеристиками коррозии металла. В базе использовались данные характеристики: Товар, Среда, Расход жидкости, Дозировка, Скорость потока, Частота, Время прохождения жидкости, Давление внутри трубы, Остаточное содержание реагента, Температура, pH, O2 (кислород), Начальная скорость коррозии, Общая скорость коррозии, Питтинг, Текущая эффективность.

Для начала была отобрана совокупность основных статистических показателей функционирования объекта исследования.

© Смирнова Е. О., Хуснутдинов Д. Р., Мокшин В. В., 2022

```
data.head()
```

	Unnamed: 0	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X4	X5	X6	...	X11	X12	X13	X14	X
233	234	4	1	103396	14	3	2	2	5.4	3.0	...	11.7	15.2	81	62	35
251	252	16	1	57357	5	2	2	2	5.0	2.5	...	0.0	8.6	57	9	11
4	5	5	3	-410	117	7	3	0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	172	0	18
58	59	18	2	1636	14	1	2	2	3.4	3.0	...	2.8	6.9	132	44	12
253	254	16	1	79221	5	2	2	2	3.8	3.0	...	5.6	8.8	77	31	31

5 rows × 24 columns

```
data.tail()
```

	Unnamed: 0	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X4	X5	X6	...	X11	X12	X13	X14	X15
92	93	20	1	21330	13	11	2	3	2.7	3.0	...	17.0	21.4	72	27	7.0
393	394	6	1	7226	13	12	2	3	2.0	1.2	...	0.0	6.2	56	11	1.4
158	159	18	2	4092	14	1	2	2	3.4	3.0	...	2.8	5.8	132	43	10.0
84	85	11	1	46512	31	9	2	2	4.0	2.5	...	17.5	16.0	81	55	18.3
20	21	6	2	0	33	0	3	1	0.0	0.0	...	3.8	0.0	96	0	21.0

5 rows × 24 columns

Рис. 1. Отбор совокупности статистических показателей

Осуществили просмотр информации по данным: индекс; название колонны; кол-во строк; тип данных.

В дальнейшем был произведен анализ выборки и поиск пропусков и аномалий.

```
sns.boxplot(data=X)
```

```
<AxesSubplot:>
```

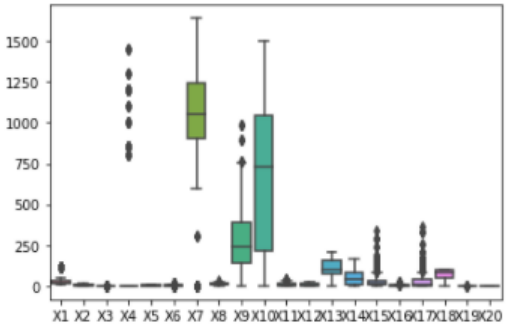


Рис. 2. Анализ и поиск аномалей

Точками показаны выбросы. Интервалы отображают минимум и максимум, а прямоугольник медиану. В данных слишком много выбросов.

Следующим шагом является вычисление основных статистических характеристик.

Вычисление математического ожидания, среднего квадратичного отклонения и медианы с помощью функции describe. С полученными данными производится поиск эксцессы (асимметрии)

```
f, axes = plt.subplots(2, 10, figsize=(30, 10))
sns.despine(left=True)
for i in range(0, 20):
    sns.distplot(X["X" + str(i+1)], fit=norm, hist=False, ax=axes[i//10,
```

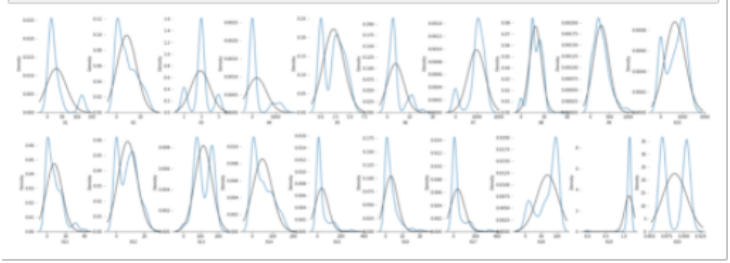


Рис. 3. Графики эксцессы, ассиметрии. Синим отображён график распределения, чёрным отображено нормальное распределение

Производится вычисление доверительных интегралов с помощью функции по формуле.

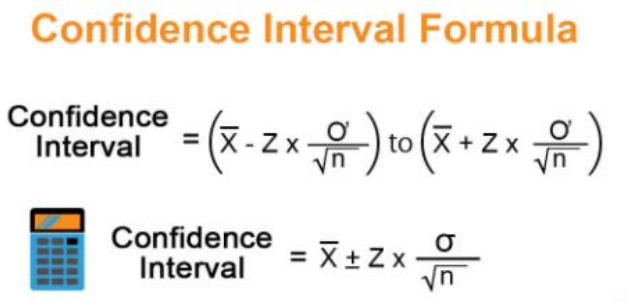


Рис. 4. Функция для вычисление доверительного интервала по формуле

```
for i in range(1, 21):
    m, mMinus, mPlus = mean_confidence_interval(X["X" + str(i)], confidence=0.95)
    print("Доверительный интервал для X" + str(i) + " : Среднее: %f с интервалом(%f , %f)" % (m, mMinus, mPlus))
```

```
Доверительный интервал для X1 : Среднее: 30.620000 с интервалом(27.316600 , 33.923400)
Доверительный интервал для X2 : Среднее: 4.280000 с интервалом(3.884829 , 4.675171)
Доверительный интервал для X3 : Среднее: 1.950000 с интервалом(1.894982 , 2.005018)
Доверительный интервал для X4 : Среднее: 190.512500 с интервалом(149.962834 , 231.062166)
Доверительный интервал для X5 : Среднее: 2.205500 с интервалом(2.028346 , 2.382654)
Доверительный интервал для X6 : Среднее: 3.765500 с интервалом(3.410730 , 4.120270)
Доверительный интервал для X7 : Среднее: 972.877750 с интервалом(933.106760 , 1012.648740)
Доверительный интервал для X8 : Среднее: 12.601250 с интервалом(12.091694 , 13.110806)
Доверительный интервал для X9 : Среднее: 282.287500 с интервалом(262.078337 , 302.496663)
Доверительный интервал для X10 : Среднее: 649.537500 с интервалом(604.934482 , 694.140518)
Доверительный интервал для X11 : Среднее: 7.894750 с интервалом(7.062936 , 8.726564)
Доверительный интервал для X12 : Среднее: 8.201500 с интервалом(7.537138 , 8.865862)
Доверительный интервал для X13 : Среднее: 115.465000 с интервалом(110.666828 , 120.263172)
Доверительный интервал для X14 : Среднее: 49.365000 с интервалом(44.768382 , 53.961618)
Доверительный интервал для X15 : Среднее: 37.252500 с интервалом(31.838198 , 42.666802)
Доверительный интервал для X16 : Среднее: 3.151585 с интервалом(2.774162 , 3.529008)
Доверительный интервал для X17 : Среднее: 38.259375 с интервалом(32.233852 , 44.284898)
Доверительный интервал для X18 : Среднее: 69.603750 с интервалом(66.347519 , 72.859981)
Доверительный интервал для X19 : Среднее: 1.132110 с интервалом(1.120594 , 1.143626)
Доверительный интервал для X20 : Среднее: 0.886932 с интервалом(0.885185 , 0.888680)
```

Рис. 5. Результат: доверительный интеграл.

Следует сделать оценку нормального распределения, с помощью их подчинения нормальному закону. Оценка нормальности распределения с помощью функции normaltest.

```
for i in range(1, 20):
stat, p = normaltest(X["X" + str(i)])
print('Оценка нормальности распределения для X' + str(i) + '.
Statistics=%.3f, p=%.3f' % (stat, p))
alpha = 0.05
if p > alpha:
print('Подчиняется нормальному закону распределения')
else:
print('Не подчиняется нормальному закону распределения')
```

Проверяем следуют ли наши признаки нормальному распределению. Данные не подчиняются нормальному закону распределения.

Проверка основана на тестах D'Agostino, R. и Pearson, E. S. (Источник: D'Agostino, R. and Pearson, E. S. (1973), "Tests for departure from normality", Biometrika, 60, 613-622).

Вычисляем парные коэффеценты линейной корреляции.

Чем белее квадрат, тем больше корреляция. Чем чернее, тем меньше корреляция. Y1 слабо коррелирует с чем-либо.(Наибольшая корреляция с X5 = 0.5). Y2 обратно коррелирует с Y3(-0.56), а также обратно коррелирует с X16(-0.43). Y3 в свою очередь сильно коррелирует с X16(0.95). Некоторые признаки коррелируют друг с другом или являются обратной их корреляцией, их можно было бы исключить.

```
corrmat = data.corr()
f, ax = plt.subplots(figsize=(18, 14))
sns.heatmap(corrmat, square=True, annot = True);
```



Рис. 6. Применение функции corr().

Осуществим факторный анализ.

Факторный анализ (ФА) – это метод исследовательского анализа данных, используемый для поиска влияющих основных факторов или скрытых переменных из набора наблюдаемых переменных. Это помогает в интерпретации данных за счет уменьшения количества переменных. ФА извлекает максимальную общую дисперсию из всех переменных и помещает их в общую оценку.

Основная цель факторного анализа – уменьшить количество наблюдаемых переменных и найти ненаблюдаемые переменные.

Тест сферичности Бартлетта проверяет, коррелируют ли наблюдаемые переменные вообще, используя наблюдаемую корреляционную матрицу с единичной матрицей. Если тест оказался статистически незначимым, не следует использовать факторный анализ.

```
Ввод [41]: from factor_analyzer.factor_analyzer import calculate_bartlett_sphericit
           chi_square_value,p_value=calculate_bartlett_sphericity(data)
           chi_square_value, p_value
Out[41]: (10735.986562684884, 0.0)
```

Рис. 7. Тест Бартлетта

В этом тесте Бартлетта p – значение равно 0. Тест является статистически значимым, что указывает на то, что наблюдаемая корреляционная матрица не является тождественной матрицей.

Тест Кайзера-Мейера-Олкина (KMO) измеряет пригодность данных для факторного анализа. Он определяет адекватность для каждой наблюдаемой переменной и для всей модели. KMO оценивает долю дисперсии среди всех наблюдаемых переменных. Идентификатор меньшей доли больше подходит для факторного анализа. Значения KMO находятся в диапазоне от 0 до 1. Значение KMO менее 0,6 считается недостаточным.

```
Ввод [42]: from factor_analyzer.factor_analyzer import calculate_kmo
           kmo_all,kmo_model=calculate_kmo(X)
           kmo_model

Out[42]: 0.7119544290833609
```

Рис. 8. Тест Кайзера-Мейера-Олкина

Общий KMO для наших данных больше 0.6, что является отличным показателем. Значит мы можем продолжить факторный анализ.

Для выбора количества факторов можно использовать критерий Кайзера и график осыпи. Оба основаны на собственных значениях.

```
# Create factor analysis object and perform factor analysis
fa = FactorAnalyzer(n_factors = 25, rotation=None)
fa.fit(X)
# Check Eigenvalues
ev, v = fa.get_eigenvalues()
pd.DataFrame(ev)
```

Можно увидеть, что только для шести факторов собственное значение больше единицы. Это означает, что нам нужно выбрать только 6 факторов (или ненаблюдаемых переменных).

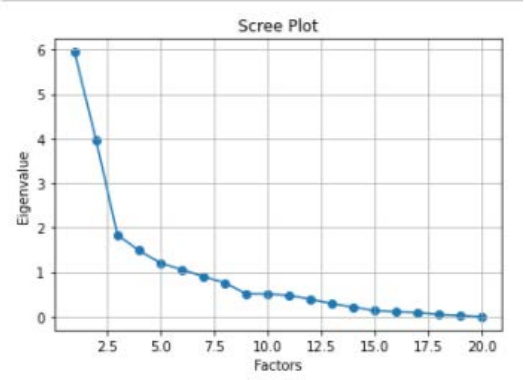


Рис. 9. График Осыпи

Нормализация данных. Проведем стандартизацию данны по формуле.

$$z = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

Рис. 10. Формула стандартизации данных

```
# Применение метода z-score испольщуюя .mean() and .std()
methods
def z_score(df):
df_std = df.copy()
for column in df_std.columns:
df_std[column] = (df_std[column] - df_std[column].mean()) /
df_std[column].std()
return df_std
```

Линейная регрессия, используемая в статистике регрессионная модель зависимости одной переменной от другой или нескольких других переменных с линейной функцией зависимости.

```
df_data_standardized = z_score(data)
df_data_standardized
```

	Unnamed: 0	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3	X
296	0.834672	-0.656766	-0.864798	-0.099578	-0.524303	2.169047	0.089331	-0.45939
199	-0.004325	-1.154945	-0.864798	-0.073626	2.540577	-0.069648	-1.697286	2.44709
170	-0.255159	1.502010	-0.864798	0.178854	-0.762352	-0.815880	0.089331	-0.45939
259	0.514642	-0.324647	-0.864798	-0.607311	-0.464791	-0.069648	0.089331	-0.45939
91	-0.938465	-0.656766	-0.864798	-0.384374	-0.524303	1.671559	0.089331	-0.45939
...	...	...	...	...	...	...	...	.
6	-1.673668	-1.154945	-0.864798	0.622596	2.570334	0.925327	-1.697286	1.47745
34	-1.431484	-0.656766	-0.864798	0.581144	-0.494547	-0.069648	0.089331	-0.45697
214	0.125417	-0.490707	0.665818	-0.659713	-0.464791	-1.064624	0.089331	-0.46182
393	1.673668	-0.324647	-0.864798	-0.402825	-0.524303	1.920303	0.089331	-0.45454
210	0.090819	-1.154945	2.196435	-0.777848	-0.464791	-0.815880	-1.697286	1.96227

400 rows × 24 columns

Рис. 11. Использование метода z-score

```
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import r2_score
Y_train = y_train.iloc[:, 2]
Y_test = y_test.iloc[:, 2]
lr_y3 = LogisticRegression(multi_class="auto")
lr_y3.fit(x_train, Y_train)
print("Уравнение линейной регресии:")
y_string = "y = 0"
for i in range(np.shape(lr_y3.coef_[0])[0]):
    y_string += str(round(lr_y3.coef_[0][i], 4))+"*x"+str(i)+" + "
y_string += str(round(lr_y3.intercept_[0], 4));
print(y_string)
```

```
Уравнение линейной регресии:
y = 0-0.0219*x0 + -0.4875*x1 + -0.1751*x2 + 0.5002*x3 + -0.186*x4 + -0.
0837*x5 + 0.2582*x6 + 0.5132*x7 + 0.0518*x8 + -0.1658*x9 + 0.2583*x10 +
-0.6493*x11 + 0.2235*x12 + 0.2863*x13 + 0.2658*x14 + 0.6131*x15 + 0.223
9*x16 + 0.0407*x17 + 0.0121*x18 + -0.2076*x19 + -0.3892
```

Рис. 12. Тренируем модель линейной регрессии по всем признакам

```
print("Точность линейной регрессии в R^2 формате для тренировочного сета
```

```
Точность линейной регрессии в R^2 формате для тренировочного сета: 0.96
44151277660765
```

```
print("Точность линейной регрессии в R^2 формате для тестового сета: {}"
```

```
Точность линейной регрессии в R^2 формате для тестового сета: 0.8592231
49477384
```

Рис. 13. Тренировочный и тестовый сеты

Точность нашей модели равна 93%. Очень неплохо. Что если попробовать при тренировке использовать только признаки, выбранные методами отбора признаков.

```
lr2 = LogisticRegression(multi_class="auto")
lr2.fit(x_train[:, [2, 3, 5, 6, 8, 13, 15, 17]], y_train.iloc[:, 2])
print("Точность линейной регрессии в R^2 формате: {}".format(r2_score(Y_
```

```
Точность линейной регрессии в R^2 формате: 0.636762733044856
```

Рис. 14. Точность Линейной регрессии отобранных признаков.

Гораздо хуже(79%). Выборка факторов бесполезна в данном случае, ведь каждый фактор важен для тренировки. Перейдём к графическому представлению.

Теперь мы можем использовать нашу модель для вычисления y3, y2 и y1 для тестовых тестов, чтобы их сравнить.

Два верхних графика: Синим отображено то, что выдаёт модель, а красным – проверочные значения. Чем ближе синие значения к красным, тем лучше.

Два нижних графика отображают разницу между синими и красными точками на верхних графиках (Результаты представлены на рис. 15,16 и 17).

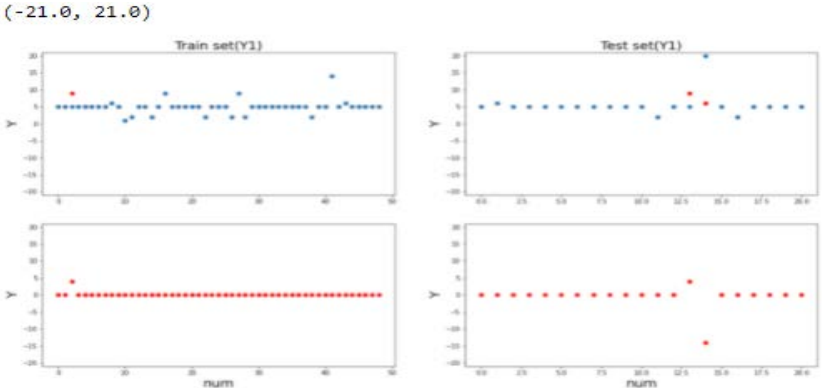


Рис. 15. Прогнозирование линейной регрессии для y1

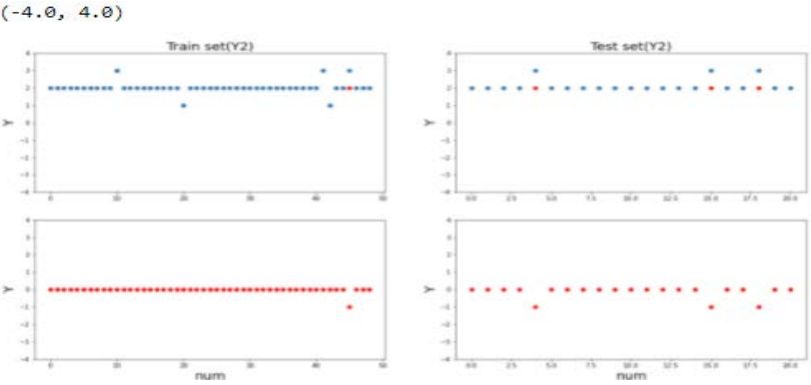


Рис. 16. Прогнозирование линейной регрессии для y2

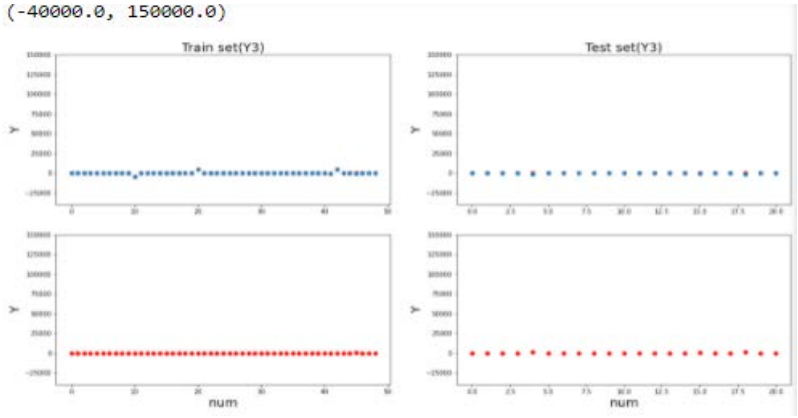


Рис. 17. Прогнозирование линейной регрессии для y3

Итоги линейной регрессии для y1, y2 и y3

```
pd.DataFrame({'Индексы колонн': [sfs_y1_factors, sbs_y1_factors, np.wher
              'Тренировочная точность': [sfs_y1_score_train, sbs_y1_scor
              'Тестовая точность': [sfs_y1_score_test, sbs_y1_score_test
                  index=['SFS', 'SBS', 'Генетический алгоритм', 'Корреля
```

	Индексы колонн	Тренировочная точность	Тестовая точность
SFS	(0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 16, 17)	0.578571	0.416667
SBS	(0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 14, 17)	0.610714	0.466667
Генетический алгоритм	[1, 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,...	0.675000	0.675000
Корреляционный анализ	[0, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, ...	0.700000	0.508333

Рис. 18. Таблица точностей для y1

Вывод

С помощью готовых данных в безе данных и машинного обучения в статье мы смогли обработать массив данных, на освнове анализа мы получили необходимые значения.

Использование машинного обучения на производстве принесет большую пользу для производителей, ведь они смогут не только быстрее находить места возможной коррозии, но и определиться с каким материалом будет выгоднее всего работать.

```
pd.DataFrame({'Индексы колонн': [sfs_y2_factors, sbs_y2_factors, np.wher
              'Тренировочная точность': [sfs_y2_score_train, sbs_y2_scor
              'Тестовая точность': [sfs_y2_score_test, sbs_y2_score_test
                 index=['SFS', 'SBS', 'Генетический алгоритм', 'Корреля
```

	Индексы колонн	Тренировочная точность	Тестовая точность
SFS	(0, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 16, 17)	0.696429	0.700000
SBS	(0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 14, 17)	0.739286	0.741667
Генетический алгоритм	[1, 2, 3, 5, 6, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19]	0.821429	0.783333
Корреляционный анализ	[0, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 1...	0.789286	0.766667

Рис. 19. Таблица точностей для y2

```
pd.DataFrame({'Индексы колонн': [sfs_y3_factors, sbs_y3_factors, np.wher
              'Тренировочная точность': [sfs_y3_score_train, sbs_y3_scor
              'Тестовая точность': [sfs_y3_score_test, sbs_y3_score_test
                 index=['SFS', 'SBS', 'Генетический алгоритм', 'Корреля
```

	Индексы колонн	Тренировочная точность	Тестовая точность
SFS	(1, 2, 3, 5, 6, 8, 13, 15, 17, 19)	0.864380	0.639182
SBS	(2, 3, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17)	0.818459	0.638785
Генетический алгоритм	[0, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17,...	0.924103	0.789644
Корреляционный анализ	[2, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 19]	0.881055	0.713498

Рис. 20. Таблица точностей для y3

Проведение данной работы возможно не только с данными связанными с коррозией металла. Можно разработать модель помогающую прогнозировать разрушение друзих природных материалов под воздействием совершенно других веществ и природных явлений с течением времени. Это может помочь оптимизоровать использование привычных материалов, также открыть новые спомобы их использования и воздействя с разными строительными ресурсами.

Список литературы

1. Якупов Д. Т., Мокшин В. В., Кирпичников А. П. Сравнение методов спектральной кластеризации графовых моделей трубопроводных систем. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41240274 (дата обращения 19.12.2021)

2. Мокшин В. В., Спиридонова А. В., Спиридонов Г. В. Применение математических моделей и алгоритмов при прогнозировании потребления водных ресурсов. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46452348 (дата обращения: 18.12.2021).

3. Салихова Э. И., Мокшин В. В. [и др.]. Мониторинг буровых работ с использованием средств распознавания образов. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32683912 (дата обращения: 20.12.2021).

4. Зафиевский А. В., Короткин А. А., Лататуев А. Н. Базы данных. Учебное пособие. Ярославский государственный университет, 2012 Прикладная информатика.

5. Карпова И. П. Базы данных. Курс лекций. Москва 2013 Информатика и вычислительная техника.

Разработка эффективного алгоритма безопасности для программно-конфигурируемой сети

Ю. Г. Чашин, email: chashin@bsu.edu.ru
Д. Г. Азизова, email: diana_azizova94@mail.ru
А. А. Бабенко, email: nastas.petrova@yandex.ru

Белгородский государственный национально – исследовательский университет

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности обеспечения безопасности программно-конфигурируемой сети. В процессе исследования предложен алгоритм безопасности сети SDN на основе вставки маскирующих элементов.*

Ключевые слова: *сеть, конфигурация, маршрутизатор, защита, сервер, шифрование.*

Введение

Оргкомитет Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технология» рад приветствовать своих участников и потенциальных участников. Данный документ представляет собой шаблон оформления и описание требований оформления работ для участников данной конференции. Программно-конфигурируемая сеть – Software Defined Network (SDN) – это архитектура, разработанная для того, чтобы сделать сеть более гибкой и простой в управлении. SDN централизует управление, разделяя плоскость управления от функции пересылки данных в дискретных сетевых устройствах. [1]. Таким образом, сеть становится программируемой, создаваемой из явных (открытые стандарты SDN, протокол OpenFlow) ресурсов под конкретные программы и приложения, но в тоже время такие особенности делают ее более открытой. Очевидно, что в таких условиях выдвигаются повышенные требования к безопасности SDN сетей и защите данных в них, в том числе особый акцент делается на ключевых (коэффициент готовности, надежность, латентность) характеристиках их восстановления после отказа.

С учетом вышеизложенного конфигурирование сетей превращается в достаточно сложную задачу, которая требует серьезных трансформаций принципов построения системы безопасности (контроль над всеми операциями, разграничение доступа) и методов управления ею. Это в свою очередь актуализирует необходимость разработки эффективных

© Чашин Ю. Г., Азизова Д. Г., Бабенко А. А., 2022

алгоритмов безопасности для SDN сетей, которые позволят обеспечить сбалансированное использование доступного сетевого ресурса, будут способствовать улучшению отказоустойчивости и сетевой безопасности.

Таким образом, обозначенные обстоятельства подтверждают теоретическую и практическую значимость темы данной статьи, а также обуславливают целевую направленность проводимого исследования..

1. Разработка алгоритма безопасности для программно-конфигурируемой сети

Весомый вклад в решение задач защиты SDN сети, управления сетевым ресурсом и обеспечения сетевой безопасности внесли такие специалисты как: Olakanmi Olufemi; Odeyemi Oluwasesan; Fosić Igor; Žagar Drago; Saleem Kashif; Коротаев В.О., Козлов С.А., Березина Е.О., Виткова Л.А.

По результатам их исследования установлено, что для обеспечения высокого уровня сетевой безопасности необходимо использовать все технологические и протокольные средства управления трафиком.

Опираясь на уже имеющиеся наработки и достижения, существующие методы обеспечения безопасности в сетях SDN можно подразделить на два самостоятельных класса [3]: резервирование или защитное переключение и перемаршрутизация (восстановление). В таблице 1 представлено краткое описание этих методов, а также обозначены их достоинства и недостатки.

Таблица

Преимущества и недостатки методов защиты сети SDN

Методы	Недостатки	Преимущества
Восстановление	Необходимы значительные временные затраты на восстановление связи, высокий риск нестабильной работы сети	Оптимизация пропускной способности SDN сети
Защитное переключение	Сеть нуждается в дополнительной пропускной способности	SDN сеть быстро восстанавливается

В тоже время, необходимо отметить, что перспективным методом защиты и обеспечения безопасности сети SDN является метод шифрования информации с использованием маскирующих элементов на основе блочных шифров.

На первом этапе процедуры шифрования перед (или после) определенных символов ОТ вставляются дополнительные маскирующие элементы. Необходимо вставлять такое количество маскирующих элементов, чтобы в каждый блок шифрования попадал хотя бы один маскирующий элемент. Маскирующие элементы выбираются таким образом, чтобы статистический анализ ОТ до вставки и после вставки маскирующих элементов изменялся в сторону равномерной частоты употребления символов. Если при перемножении в матрицу символов ОТ вставляется хотя бы один маскирующий элемент, то изменяются все результирующие символы шифрованного текста (ШТ). В этом случае ОТ с маскирующими элементами будет иметь следующую конфигурацию: в каждом блоке (если $\mu = 3$) будет один маскирующий элемент перед символом ОТ, символ ОТ и один маскирующий элемент после символа ОТ. Блок выглядит так: $\{m_i; v_i; m_i\}$, где m_i – маскирующий элемент, v_i – символ ОТ. Если конфигурация ОТ с маскирующими элементами будет такая, которая рассматривалась выше, а $\mu = 4$, тогда блоки будут иметь следующий вид: первый – $\{m_i; v_i; m_i; m_i\}$, второй – $\{v_i; m_i; m_i; v_i;\}$, третий – $\{m_i; m_i; v_i; m_i\}$, четвертый – $\{m_i; v_i; m_i; m_i\}$, пятый – $\{m_i; v_i; m_i; m_i\}$ – аналогичный первому, и весь цикл с периодом 4 повторяется.

2. Достоинства разработанного алгоритма

Достоинством данного алгоритма является тот факт, что предлагаемый способ шифрования информации несложно реализуется аппаратным, программным или комбинированным способом. Кроме того, сама процедура вставки маскирующих элементов и их извлечение является процедурой, не уменьшающей производительность работы криптографа. При этом маскирующие элементы подбираются с помощью генератора случайных чисел из наименее употребляемых символов в тексте. Таковой метод подбора маскирующих частей можно считать дополнительным ключом для формирования ШТ. Сложность извлечения маскирующих элементов не определяется их номером или названием, так как изымаются символы на соответствующих позициях ШТ..

Заключение

Таким образом, использование маскирующих элементов имеет широкую перспективу в направлении создания шифров повышенной эффективности. Расшифровка ШТ, не имея ключа, методом перебора всех возможных вариантов ключа, не позволяет получить читаемый ОТ, поскольку имела место модификация ОТ перед шифрованием.

В предложенном методе шифрования решающим является искажение информации о повторениях, которые могли бы возникнуть вновь в ШТ по аналогии с ОТ. И эта задача успешно решается благодаря

использованию блочного шифра на основе маскирующих элементов. Эта особенность предложенного алгоритма обеспечивает скрытие использованного метода шифрования, имеющего важный эффект для защиты SDN.

Список литературы

1. Березина Е .О. Анализ угроз безопасности для программно-конфигурируемых сетей // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2020. № 1. С. 24-32.

2. Fosić, Igor; Žagar, Drago Security Features in a Hybrid Software-Defined Network // Tehnicki vjesnik- Strojarski Fakultet. 2021. Number 4; pp 1371-1379.

3. Смелянский Р. Л., Пилюгин П. Л. Современные проблемы обеспечения безопасности в SDN // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2017. Т. 7. № 4. С. 523-526.

4. Иванов В. В. Алгоритм создания и конфигурация сетей // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2020. № 1. С. 48-52.

5. Бело А. В., Селеванов Д. Е. Проектирование сетей безопасности в SDN // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2017. – Т. 7. – № 4. – С. 635-678.

О некоторой технология создания информационной базы данных в среде yii framework

Т. Г. Ядгаров, email: t.yadgarov52@mail.ru
А. Х. Аликулов, email: akmalaliqulov@gmail.com

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *В статье приведена технология создания информационной база данных в среде системы YII FRAMEWORK, которая использует непосредственно архитектурный паттерн MVC (Model-View-Controller) и предназначено для быстрой разработки современных веб-приложений. Информационная база данных предназначена для эффективного использования данных в кредитной системе обучения с системой LMS (Learning Management System). Применены современные методы и технологии создания базы данных и разработано в объектно-ориентированном стиле программирования.*

Ключевые слова: *Кредитная система, базы данных, Yii2, YII FRAMEWORK, MVC (Model View Controller), разработке, ускорения, MYSQL.*

Введение

В процессе разработки информационной базы данных использовано система YII FRAMEWORK. Да Yii2 – это высокоэффективный объектно-ориентированный PHP-фреймворк, основанный на компонентной структуре и реализующий парадигму MVC (Model View Controller). Современные и популярные из них (Yii2 не исключение) написаны в объектно-ориентированном стиле программирования и реализуют парадигму MVC. Yii особенно подходит для разработки приложений с большим потоком трафика, таких как порталы, форумы, системы управления контентом (CMS), системы электронной коммерции.

1. ВУЗах Республики Узбекистана кредитная система обучения

В большинстве ВУЗах Республики Узбекистана введена кредитная система обучения и с введением системы кредитной системе обучения для реализации данных существуют некоторые трудности при обработки данных. Информационные данные должны загрузится безошибочно с проверкой в систему LMS (Learning Management Systems). К

© Ядгаров Т. Г., Аликулов А. Х., 2022

информационным данным относится все необходимые учебно-методические данные.

С увеличением данных и проблем в кредитной системе обучения безусловно напрашивается вопрос о создание информационной базы данных, которая даст непосредственно большую помощь в преодолении основных работ в процессе загрузки и использовании необходимых данных. Внесения ь данных в систему LMS это процесс, которая происходить до конца учебного годао в кредитной системе обучения. Чтобы облегчить, ускорить и безошибочно ввести данные сначала все данные заносятся в информационную базу данных и после их тщательной проверки можно занести соответствующие части системы LMS (в чем и заключается цель технология создания информационной базы данных в среде yii framework).

Основная цель данной данной работы является создания информационной базы данных в среде yii framework для использования в кредитной системе обучения для ускорения и безошибочного внесения данных в кредитной системе обучения.

При разработке базы данных учитывается некоторые особенности связи между созданным информационной базы данных и системой LMS. Структура создаваемой информационной базы данных разработано в среде системы YII FRAMEWORK.

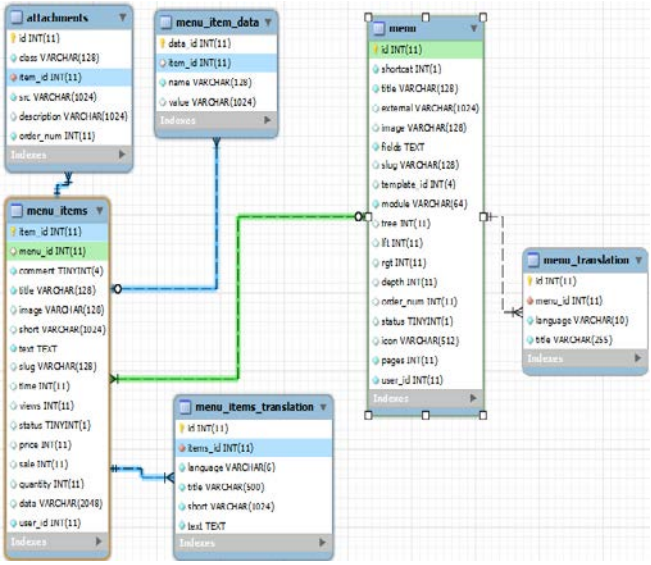


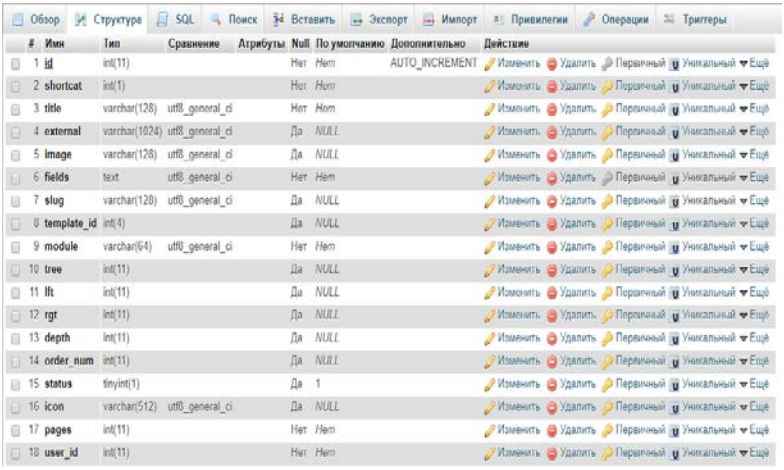
Рис. 1. Схема отношений между таблицами

2. Основные поля и их связи, которые созданы в в среде системы YII FRAMEWORK

Здесь показаны все основные поля и их связи, которые созданы в в среде системы YII FRAMEWORK.

Приведенных таблицах непосредственно даны поля и коды программирования (для решения работы с объектами). Для удобства работы с базой данных разработаны специальные меню, которые являются сервисами для внесения информационных данных. Ниже приводится основные коды при разработке базы данных.

Приведены все таблицыб, которые связаны между собой через поле ID. В свою очередь созданный менью работает через поле ITEM_ID с таблицами menu_items_translation (поле items_id), menu_item_data (поле item_id), attachments (поле menu_id).



#	Имя	Тип	Сравнение	Атрибуты	Null	По умолчанию	Дополнительно	Действие
1	id	int(11)			Нет	Нет	AUTO_INCREMENT	Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
2	shortcat	int(1)			Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
3	title	varchar(128)	utf8_general_ci		Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
4	external	varchar(1024)	utf8_general_ci		Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
5	image	varchar(128)	utf8_general_ci		Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
6	fields	text	utf8_general_ci		Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
7	slug	varchar(128)	utf8_general_ci		Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
8	template_id	int(4)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
9	module	varchar(64)	utf8_general_ci		Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
10	tree	int(11)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
11	lft	int(11)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
12	rgt	int(11)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
13	depth	int(11)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
14	order_num	int(11)			Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
15	status	tinyint(1)			Да	1		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
16	icon	varchar(512)	utf8_general_ci		Да	NULL		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
17	pages	int(11)			Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё
18	user_id	int(11)			Нет	Нет		Изменить Удалить Первичный Уникальный Ещё

Рис. 2. Структура таблицы меню

3. Код для создания таблицы меню в MYSQL

Код для создания таблицы меню в MYSQL представлен в листинге.

Листинг

```
  CREATE TABLE ` menu` (
`id` int(11) NOT NULL,
`shortcat` int(1) NOT NULL,
`title` varchar(128) NOT NULL,
`external` varchar(1024) DEFAULT NULL,
`image` varchar(128) DEFAULT NULL,
`fields` text NOT NULL,
`slug` varchar(128) DEFAULT NULL,
`template_id` int(4) DEFAULT NULL,
```

Окончание листинга

```
    `module` varchar(64) NOT NULL,
    `tree` int(11) DEFAULT NULL,
    `lft` int(11) DEFAULT NULL,
    `rgt` int(11) DEFAULT NULL,
    `depth` int(11) DEFAULT NULL,
    `order_num` int(11) DEFAULT NULL,
    `status` tinyint(1) DEFAULT '1',
    `icon` varchar(512) DEFAULT NULL,
    `pages` int(11) NOT NULL,
    `user_id` int(11) NOT NULL
  ) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
```

Заключение

После анализа и проверки производительности некоторых систем кредитных модулей мы использовали метод ссылки на необходимую информацию в этих «ресурсах статей»:

- оперативность работы с информационной системой;
- Качественные знания в процессе кредитной системы обучения;
- наиболее полный информационный ресурс;
- увеличить время обработки данных;
- прозрачность обработки данных.

Список литературы

1. Yadgarov T.G., Aliqulov A.X. Development of an information and logistics system “InfLog-CredSys” for managing big data in the yii framework for use in a credit training system. International Conference on information Science and Communication Technologies ICISCT 2019 Applications, Trends and Opportunities Tashkent University of information Technologies Named after Muhammad Al-Khwarazmi 2019 nowember 4-6.
2. PHP and MySQL for Dynamic Web Sites Fourth Edition, Larry ULLman 1249 Eighth Street, Berkeley, CA 94710, 2012 y.
3. PHP5 and MySQL Bible Tim Converse and Joyce Park with Clark Morgan, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana 2004.
4. Beginning PHP5, Apache, and MySQL Web Development, Elizabeth Naramore, Jason Gerner, Yann Le Scouarnec, Jeremy Stolz, Michael K. Glass, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana 2005.
5. Sams Teach Yourself PHP, MySQL & JavaScript All in One, Sixth Edition, Julie C. Meloni, Pearson Education, Inc., 2018.
6. Быстрый, безопасный и эффективный PHP-фреймворк. [Электронный ресурс]: https://www.yiiframework.com
7. Электронный ресурс, который предоставляет самую качественную, подробную и актуальную информацию о создании сайтов для веб-разработчиков, фрилансеров и просто создателей. https://webformyself.com/category/frejmvorki-2/yii2

Секция 5
Прикладное моделирование и E-business

Динамическая кластеризация в поддержке принятия решений при управлении социально-экономическим развитием регионов

М. А. Анфёров, email: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация. *Рассматривается метод динамического кластерного анализа, реализуемый в условиях неопределенности используемых данных, вызванной их искажением и изменением во времени. На примере поддержки принятия решений при управлении социально-экономическим развитием регионов продемонстрирована технология данного анализа позволяющая выявлять регионы со скрытыми проблемами в их социально-экономической системе.*

Ключевые слова: *принятие решений, сети Кохонена, динамическая кластеризация, государственное регулирование.*

Введение

Принятие решений в условиях повышенной неопределенности информации, связанной с ее нечеткостью и стохастичностью, а также недостаточностью данных, требует использование на этапе ее анализа использование современных интеллектуальных информационных технологий [1]. В настоящей работе для поддержки принятия решений в таких условиях рассматривается кластерный анализ, реализуемый с использованием нейронных сетей Кохонена [2]. Применение кластерного анализа отличает от других используемых в принятии решений методов группирования (например, АВС-анализа [3]) учет совокупного влияния признаков, характеризующих анализируемые объекты. Что касается использования двумерных карт Кохонена при отображении результатов кластеризации, то они позволяют расставить приоритетность формируемых кластеров, необходимую при принятии решений.

В отличие от традиционного подхода, предполагающего статичность значений признаков исследуемых объектов, близких по используемой метрике в многомерном пространстве, содержащем кластеры, в предлагаемом методе вышеназванные признаки рассматриваются в различные срезы времени (дни, недели, месяцы и т.д.), что позволяет оценить динамику результатов кластеризации и использовать данную оценку в анализе в процессе принятия решений. В этом случае для каждого кластеризуемого объекта под номером k

© Анфёров М. А., 2022

используется вектор из n признаков $\mathbf{p}_k^t = (p_{k1}^t, p_{k2}^t, \ldots, p_{kn}^t)$, зависящий от дискретного параметра времени t.

Динамика во времени формируемых кластеров может вызваться с определенной вероятностью рядом обстоятельств: во-первых, нестабильностью функционирования исследуемых объектов и, во-вторых, вынужденным или умышленным искажением анализируемой информации, например при налоговом администрировании [4]. При этом как в первом, так и во втором случае появляется возможность снизить риски в принятии решений.

Сам по себе динамический подход положительно зарекомендовал себя в принятии решений, например, в маркетинге в виде XYZ-анализа, учитывающего при принятии решений стабильность продаж и колебание спроса на товары с использованием доминантного признака (коэффициента вариации). Однако XYZ-анализ лишь отдаленно напоминает предлагаемый подход, так как при динамической кластеризации учитывается вся совокупность признаков и, что касается динамики, отслеживается изменение самой структуры формируемых кластеров.

Динамический кластерный анализ может использоваться для поддержки принятия решений в различных предметных областях. В данной работе показана технология его применения в рамках государственного регулирования социально-экономического развития регионов Российской Федерации, осуществляемого путем реализации соответствующей административно-правовой, экономической, финансовой и социальной политики.

1. Постановка задачи

Состояние социально-экономической системы субъектов Российской Федерации характеризуется основными показателями, значение которых в различные периоды времени приведены в статистическом сборнике [5]. В рамках данной задачи из представленного перечня рассмотрены региональные структуры, характеризуемые значениями вышеназванных показателей (признаками кластеризации) в период с 2014 года по 2020 год. Соответственно из перечня исключены данные по г. Москве и Московской области, г. Санкт-Петербургу и в целом по федеральным округам, а также по структурам, входящим в состав областей, например, по Ямало-Ненецкому автономному округу в составе Тюменской области. Кроме этого не учитывались данные по Республике Крым и г. Севастополю из учета того, что рассматриваемый период времени является переходным в плане стабилизации их социально-экономической системы. В результате в кластерном анализе

были использованы данные по 77 региональным социально-экономическим системам субъектов Российской Федерации, представленные значениями следующих признаков (показателей):

1. среднедушевых ежемесячных денежных доходов, руб.;
2. валового регионального продукта в текущих ценах, млрд руб.;
3. основных фондов в экономике, млрд руб.;
4. объема отгруженных товаров собственного обрабатывающего производства, млн руб.;
5. объема продукции сельского хозяйства, млн руб.;
6. объема вводимой в действие общей площади жилых помещений, тыс. м2;
7. оборота розничной торговли, млрд руб.;
8. сальдированного финансового результата в экономике, млн руб.;
9. индекса потребительских цен, %;
10. инвестиций в основной капитал, млрд руб.

Для учета различных размеров регионов значения объемных показателей были приведены к относительному виду путем деления на величину среднегодовой численности занятого населения, тыс. человек.

Кластеризация регионов выполнялась на платформе Deductor BaseGroup Labs с выявлением трех кластеров. По результатам анализа карт Кохонена определялся кластер, содержащий регионы с наилучшими экономическими показателями, которому присваивалась метка «1». Кластеру, содержащему регионы с низкими показателями, присваивалась метка «3». Кластеру, выступающему в роли переходного между двумя вышеназванными, присваивалась метка «2». На предварительном этапе по результатам анализа значимости используемых признаков был исключен из дальнейшего рассмотрения показатель среднедушевых ежемесячных денежных доходов.

2. Кластерный анализ

Динамический кластерный анализ включает использование трех основных инструментов.

Во-первых, значения признаков объектов кластеризации заменяются их дисперсией на множестве w значений в рассматриваемых временных срезах (в нашем случае – это годы отчетности), то есть

$$D_{kj} = \frac{1}{w-1}\sum_{i=1}^{w}(p_{kj}^{i} - \overline{p}_{kj})^2;\ \overline{p}_{kj} = \frac{1}{w}\sum_{i=1}^{w} p_{kj}^{i}. \qquad (1)$$

По результатам кластеризации в пространстве новых признаков (дисперсий) выявляются кластеры объектов с высокой неустойчивостью значений наиболее значимых признаков. В нашем случае в данную

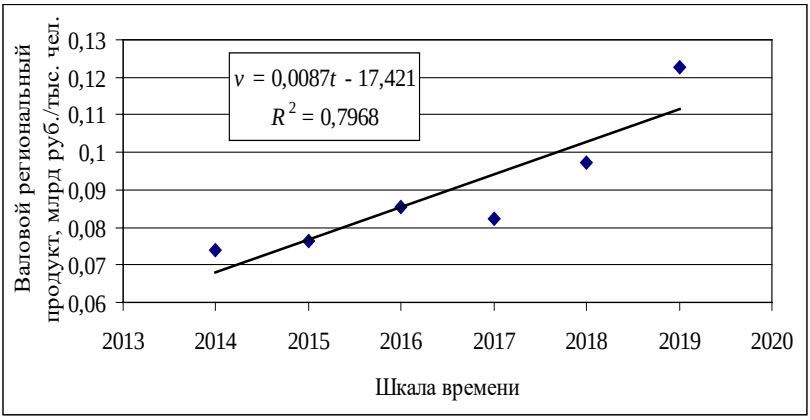
категорию попадают регионы 69, 23, 27, 45, 57. Для выявленных объектов на данном этапе нельзя сделать однозначный вывод о причинах и характере изменений в социально-экономической сфере данных регионов для принятия необходимых управленческих решений. Высокая дисперсия характеризующих их параметров может быть вызвана как положительным, так и отрицательным трендом, который определяет соответствующую экономическую тенденцию, а также высокой стохастичностью их значений, говорящей о неустойчивых процессах в экономике региона. Требуется дополнительный регрессионный анализ наличия тренда. На рис. 1а показана эмпирическая модель, характеризующая тренд показателя относительного объема валового регионального продукта $v = v(t)$ для 69 региона.

Из полученной зависимости видна значительная устойчивая динамика роста данного экономического показателя, что позволяет судить о положительной тенденции изменений в социально-экономической сфере в данном регионе. Анализ наличия тренда выполнен и по другим используемым при кластеризации признакам, например, относительного объема отгруженных товаров собственного обрабатывающего производства $s = s(t)$ (см. рис. 1б). Здесь следует заметить, что возможна ситуация, когда по одним экономическим показателям наблюдается устойчивый тренд, а по другим имеет место высокая стохастичность их значений, указывающая на наличие фактора, отрицательно влияющего на социально-экономическую систему. Выявление такого фактора позволяет принимать правильные решения в задействовании необходимых механизмов государственного регулирования данной системы.

Второй инструмент анализа позволяет в отличии от предыдущего выявлять неустойчивость самой кластеризации. Это дает, как отмечалось выше, возможность судить либо о нестабильности функционирования кластеризуемых объектов, либо о сознательном искажении предоставленной информации.

Процедура реализации данного этапа анализа сводится к следующим этапам.

Во-первых, в каждом срезе времени под номером r выполняется кластеризация анализируемых объектов. При этом для каждого объекта под номером k рассчитывается его удаленность (расстояние) d_k^r до центра включающего его кластера.



а



б

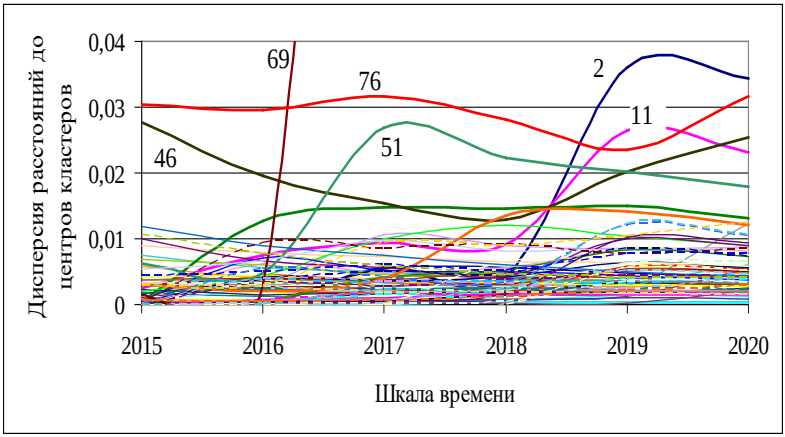
а – тенденция относительного валового регионального продукт, б – тенденция относительного объема отгруженных товаров собственного обрабатывающего производства

Рис. 1. Динамика экономических показателей 69 региона

Во-вторых, для каждого среза времени r рассчитывается дисперсия значений этих расстояний по всем предыдущим временным срезам, включая рассматриваемый, т.е.

$$D_k^r = \frac{1}{r-1}\sum_{t=1}^{r}(d_k^t - \bar{d}_k^r)^2;\ \bar{d}_k^r = \frac{1}{r}\sum_{t=1}^{r} d_k^t;\ r = 2,...,w. \qquad (2)$$

В-третьих, строится диаграмма, отображающая зависимости рассчитанных дисперсий от координаты времени по каждому кластеризуемому объекту (см. рис. 2). По данной диаграмме выявляются объекты с неустойчивостью в плане кластеризации.

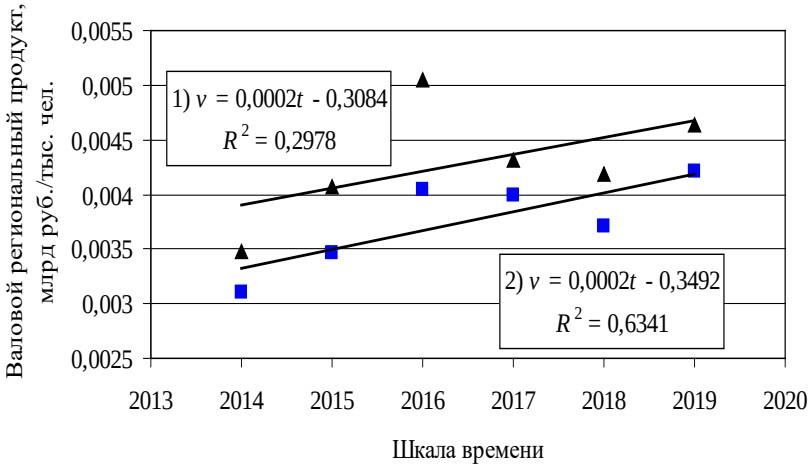


Числами на графиках обозначены номера регионов с высокой дисперсией

Рис. 2. Распределение дисперсий расстояний до центров кластеров

Результат такого анализа для рассматриваемого случая показан на рис. 2, из которого видно, что максимальной динамикой положения в кластере характеризуется уже отмеченный ранее регион 69. Причины такого поведения нами уже выявлены. Однако к выявленной ранее группе регионов, характеризуемых неустойчивостью значений признаков, добавился еще ряд регионов: 2, 76, 51, 46, 11. Для выявления причин данной динамики и принятия необходимых управленческих решений также как и в предыдущем случае проведен анализ наличия тренда $v = v(t)$. Результат построения эмпирической модели на примере региона 2 показан на рис. 3, из которого видно отсутствие значимой тенденции и наличие высокой стохастичности анализируемого показателя, что позволяет судить о вероятной неустойчивости функционирования социально-экономической системы региона.

Это требует принятия решения в задействовании механизмов государственного регулирования для стабилизации функционирования социально-экономической системы данного региона.



1 – регион 65; 2 – регион 2

Рис. 3. Стохастичность экономических показателей ряда регионов

Третий инструмент анализа основан на выявлении изменения принадлежности тому или иному кластеру, что опять же позволяет судить о стабильности функционирования и возможного искажения предоставляемой информации.

Для этого для каждого кластеризуемого объекта строится диаграмма, отображающая метку кластера, в который попадает кластеризуемый объект в каждом временном срезе (см. рис. 4). Это позволяет выявить объекты, часто меняющие свою принадлежность кластерам и, тем самым, попадающие в группу риска.

В нашем случае стабильность кластеризации для 69 региона является предсказуемой, т.к. мы уже выявили наличие устойчивой тенденции роста его экономических показателей. Полученный результат только лишний раз подтвердил ранее полученные заключения.

Отмеченная нестабильность 65 региона, дополненная выявленной высокой стохастичностью экономических показателей (см. рис. 3) говорит о необходимости принятия мер в рамках государственного регулирования. Что касается, например, 68 региона, то изменение

принадлежности с 3 на 2 кластер говорит о положительной динамике. Это подтверждается и анализом тенденции экономических показателей.

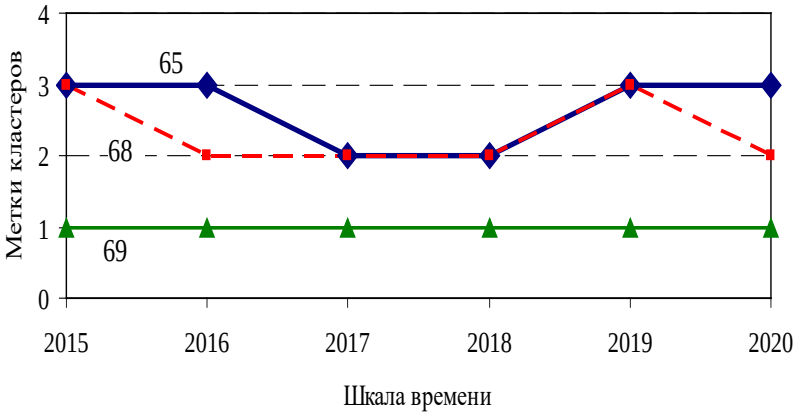


Рис. 4. Изменение принадлежности кластерам

Заключение

Полученные в данной работе результаты подтверждают работоспособность инструментов динамической кластеризации при анализе неопределенной информации с выявлением нестабильных и искаженных данных об анализируемых системах. Это расширяет аналитический инструментарий, используемый при поддержке принятия управленческих решений.

Эффективность динамического кластерного анализа продемонстрирована на примере аналитической поддержки принятия решений при управлении социально-экономическим развитием регионов Российской Федерации за счет использования механизмов государственного регулирования в отношении регионов с успешной и проблемной экономической системой. Причем проблемность функционирования такой системы может быть не вполне очевидной при статичном рассмотрении социально-экономических показателей. Использование же динамического подхода позволяет при анализе данных выявить глубинные воздействующие на экономическую систему негативные факторы.

Список литературы

1. Беляков, С. Л. Метод интеллектуального управления процессом интерактивного изучения пространственных данных для

принятия решений / С. Л. Беляков, А. В. Боженюк, С. А. Зубков // Информационные технологии – 2020 – Т. 26. – № 7. – С. 394-402.

2. Kohonen, T. Self-Organizing Maps / T. Kohonen. – 3-rd edition. – Berlin – New York : Springer-Verlag, 2001. – 521 p.

3. Ксенофонтова, О. Л. ABC-XYZ-анализ как средство управления товарным ассортиментом торгового предприятия / О. Л. Ксенофонтова, Н. А. Новосельская // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2013.– № 2 (34). – С. 70-66.

4. Анфёров, М. А. SADT моделирование системы налогообложения в Российской Федерации / М. А. Анфёров, О. Б. Рашитова // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2015. – № 2 – С. 94-101.

5. Россия в цифрах: краткий статистический сборник. – М. : Росстат, 2020. – 550 с.

Формализация поиска структурных решений в САПР ТП

М. А. Анфёров, email: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация. *Рассматриваются аспекты автоматизации современных САПР ТП, связанные с формированием структуры технологических процессов. Предложен метод формализованного синтеза структуры технологического процесса на уровне маршрутного описания. Метод основан на эволюционной кластеризации множества технологических решений, используемых в процессе синтеза технологических операций в условиях нечеткости оценки расстояния в пространстве признаков. Отмечена роль единого цифрового пространства в интеграции открытых информационных систем, поддерживающих процессы жизненного цикла наукоемкой продукции с целью повышения эффективности этих систем, гарантирующей конкурентную устойчивость выпускаемых изделий.*

Ключевые слова: *технологический процесс, структура, синтез, кластеризация, САПР ТП.*

Введение

Единое цифровое пространство для открытых информационных систем, поддерживающих процессы жизненного цикла (ЖЦ) наукоемкой продукции, является основным инструментом их интеграции [1] с целью снижения затрат на реализацию этих процессов и повышения качества выпускаемых изделий. Все это гарантирует устойчивую конкурентоспособность выше названных изделий в рамках наступательной инновационной стратегии. Понятно, что эффективность CALS-концепции во многом определяется уровнем автоматизации используемых информационных систем, интегрируемых с использованием PDM-технологий. В данной работе рассматривается вопрос эффективности систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), функционирующих в рамках АСТПП.

Слабым звеном САПР ТП в вопросах автоматизации всегда был процесс формирования структуры наукоемкого технологического процесса (ТП), многовариантность которой достигает порядка 10^{30} [2]. Это связано с большим разнообразием структурного исполнения элементов ТП на различных иерархических уровнях [3-4] (см. рис. 1).

© Анфёров М. А., 2022

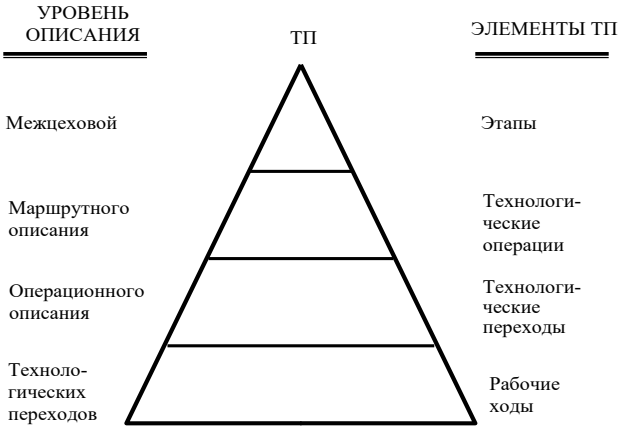


Рис. 1. Многоуровневое описание структуры технологического процесса

Кроме этого число сочетаний выбора структурных решений растет за счет вариации порядка их следования в технологическом процессе, что однозначно влияет на технологическую наследственность формируемых эксплуатационных свойств поверхностей ответственных деталей изделий.

Процесс синтеза структуры осложняется также за счет использования в наукоемких технологических процессах методов обработки, направленных на модификацию свойств поверхностного слоя ответственных деталей с повышенными эксплуатационными характеристиками: ионной имплантации, нанесения покрытий, электрохимической и др.

Таким образом повышение эффективности и надежности современных САПР ТП во многом определяется эффективностью и надежностью используемых моделей при автоматизированном формировании объекта проектирования.

2. Постановка задачи

Сложные структурно-функциональные связи в наукоемком технологическом процессе привели к тому, что в современных САПР ТП [5] синтез его структуры происходит в режиме редактирования маршрутно-операционного описания. При этом типовые технологические решения, размещаемые в базе данных, используются технологом исходя из его личного опыта. В качестве таких типовых проектных решений применяются элементы структуры ТП того или

иного иерархического уровня (см. рис. 1): при нисходящем проектировании – это типовой технологический процесс [6], при восходящем проектировании – маршруты обработки отдельных поверхностей (ТМП) как совокупность выполняемых технологических переходов [7]. Кроме этого применяется модульный подход к автоматизированной разработке технологических процессов, предполагающий использование комплексных моделей, отображающих модуль (элемент) технологического процесса, привязанный к конкретному конструктивному элементу объекта производства [8]. В ряде САПР ТП (например, САПР ТП «Вертикаль» компании «АСКОН») имеется возможность хранения в базе знаний ранее полученных проектных решений на том или ином уровне описания технологического процесса, которые могут использоваться при разработке технологического процесса на аналогичную деталь. Однако в любом случае вопрос формализованного синтеза структуры ТП остается проблемным.

Выполненное исследование обосновало новый подход к синтезу структуры наукоемкого ТП. В основу положен принцип восходящего проектирования, предложенный в свое время проф. Цветковым В.Д. [7] с использованием информационной технологии кластерного анализа [9], реализующая эволюционную кластеризацию технологических переходов в пространстве характеризующих их признаков.

3. Синтез структуры технологического процесса

На начальном этапе в конструкции детали выделяются элементарные поверхности. Далее исходя из заданных конструктором параметров качества этих поверхностей (параметров шероховатости, точности и др.), а также их геометрических и функциональных характеристик реализуется поиск в базе знаний типового проектного решения в виде ТМП, обеспечивающего получение в процессе технологической обработки вышеназванных параметров и характеристик. С каждым технологическим переходом, принадлежащим ТМП, в базе знаний связан набор атрибутов, используемых при принятии решений в процессе формирования технологических операций и всей структуры технологического процесса на уровне маршрутного описания (см. рис. 1).

Первый атрибут представляет собой вектор значений. Элементы вектора образуют каждый свое отдельное измерение, используемое при кластеризации. Каждый элемент вектора содержит значение соответствующего параметра качества поверхности: параметра шероховатости, точности, микротвердости и др. Данные значения, в отличие от остальных атрибутов, определены на непрерывной шкале.

Второй атрибут образует отдельное измерение при кластеризации и представлен множеством номеров поверхностей детали, которые конструктивно и с позиции точности технологической обработки могут использоваться в качестве установочных технологических баз. Представленные в атрибуте поверхности являются альтернативными в принятии решения при формировании структуры операции.

Что касается третьего атрибута, то он также представляет собой множество, каждый элемент которого определяет код технологического оборудования, которое может использоваться для выполнения данного технологического перехода. Представленные в атрибуте значения также являются альтернативными в принятии решения. Фактически данный атрибут определяет возможные методы технологической обработки. При этом учитывается возможность современного технологического оборудования выполнять интегрированную обработку заготовки различными технологическими методами.

Четвертый атрибут представляет собой вектор значений. Элементы вектора образуют каждый свое отдельное измерение, используемое при кластеризации, и характеризуют наличие наследственной связи выполняемого технологического перехода с другим переходом, направленным на модификацию структуры поверхности детали. Принимаемые значения имеют бинарный вид (0 или 1) в зависимости от того имеется технологически наследственная связь с соответствующей модификацией или нет.

Используемые атрибуты образует пространство признаков для эволюционной кластеризации технологических переходов [9]. Формируемые в результате кластеры отображают синтезируемые технологические операции, объединяющие в своей структуре технологические переходы, входящие в эти кластеры (см. рис.2).

Однако решение данной задачи наталкивается на проблему нечеткости величины расстояния между объектами кластеризации (см. рис.3). Это связано с тем, что второй и третий атрибуты представляют собой множества альтернативных значений. Для этого случая каждый технологический переход представляется в процедуре кластеризации не одним объектом, а несколькими по числу сочетаний дискретных значений из множеств. Использование эволюционной кластеризации [9] позволяет исключить в окончательном решении наличие объектов кластеризации, дублирующих технологические переходы. Использование генетического оператора фильтрации порождаемых хромосом [9] обеспечивает порождение при работе генетического алгоритма только допустимых вариантов кластеризации.

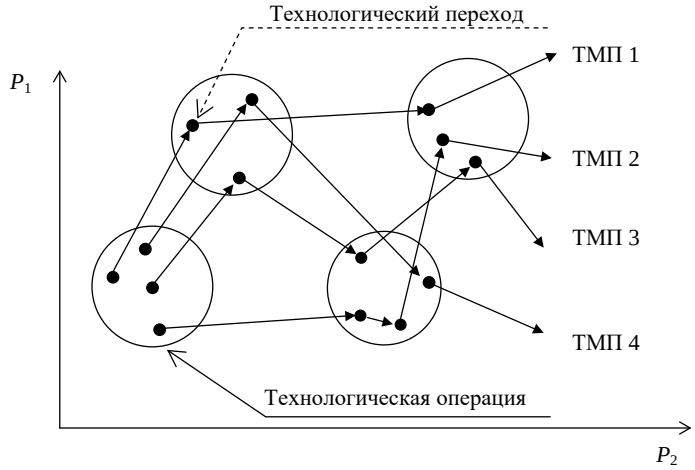


Рис. 2. Формирование технологических операций при восходящем проектировании в пространстве признаков кластеризации P_1 и P_2

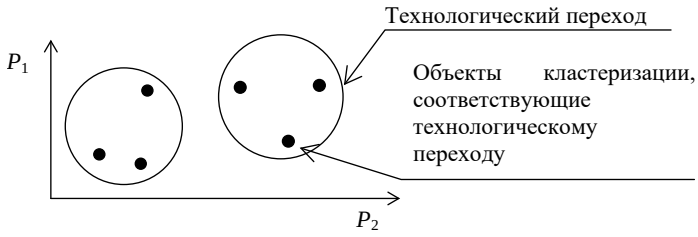


Рис. 3. Иллюстрация нечеткости расстояния при кластеризации переходов в пространстве признаков P_1 и P_2

Работоспособность полученных теоретических результатов была проверена на классе корпусных деталей изделий среднего машиностроения. Данные объекты производства были выбраны не случайно, так как их отличает значительная вариативность в концентрации и дифференциации технологических операций, формируемых на большом множестве технологических переходов, связанных с обработкой поверхностей широкого спектра конфигурации с использованием, в том числе, различного мерного инструмента. Выделение кластеров осуществлялось в различном количестве, что приводило соответственно к получению различного числа технологических операций с различной их концентрацией. Выполненный анализ получаемых альтернативных

решений позволил найти оптимальные структуры по критерию минимальных технологических затрат.

Заключение

По результатам выполненных исследований получен новый способ синтеза структуры технологических операций, в основу которого положена эволюционная кластеризация. Построенный на этих результатах процесс проектирования в рамках САПР ТП отличается высоким уровнем формализации, повышающим производительность данного процесса. С другой стороны полученные результаты предоставляют проектировщику дополнительный аналитический инструмент, что способствует получению более качественных технологических решений.

Подтверждена работоспособность предложенного способа по результатам тестовых вычислений для класса корпусных деталей.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498–1–99. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель. – Введ. 2000–01–01. – М. : Стандартинформ, 2006. – 58 с.
2. Анфёров, М. А. Системная оптимизация наукоемких технологий / М. А. Анфёров // Авиационная техника: Известия вузов. –2002. – № 2. – С. 57-60.
3. ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – Введ. 1983-01-01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 14 с.
4. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. – Введ. 1983-07-01. – М. : Стандартинформ, 2009. – 8 с.
5. Фролова, И.Н., Анализ современных систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) / И. Н. Фролова, О. И. Кутилова // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2010. – № 1 (80). – С. 91-94.
6. Капустин, Н.М. Принципы и методика автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей в машиностроении : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.08 / Капустин Николай Михайлович. – М., 1976. – 447 с.
7. Цветков, В.Д. Многоуровневый синтез структурных моделей технологических процессов обработки деталей в автоматизированных системах проектирования : дис. ... докт. техн. наук : 05.13.12 / Цветков Виктор Дмитриевич. – Минск, 1979. – 412 с.
8. Базаров, Б.М. Организация проектирования модульных технологических процессов изготовления деталей / Б. М. Базаров // Вестн. маш. – 1995. – № 5. – С. 23-28.
9. Анфёров, М.А. Генетический алгоритм кластеризации / М. А. Анфёров // Российский технологический журнал. – 2019. – Т. 7. – № 6. – С. 134-150.

Прогнозирование продаж в ритейле на основе методов машинного обучения

Е. А. Артемьев, email: artemev.15.01.1998@list.ru,
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет

Аннотация. *В современном мире ритейла недостаточно завозить продукцию в торговые точки, выставлять её на стеллажи. Отчётности от мерчендайзеров или по продажам за месяц стали хорошим инструментом анализа, но это требует времени и больших человеческих ресурсов. Эффективнее использовать машинное обучение для прогнозирования продаж на месяцы вперёд, позволяя заранее принимать решения по кол-ву, типам и ценам товаров в торговых сетях. В данной работе вы узнаете, как реализовать модель машинного обучения, которая может прогнозировать продажи в зависимости от определенных характеристик, таких как день продажи, торговая точка, стоимость, кол-во проданных товаров за предыдущие дни и категория товара.*

Ключевые слова: *временное прогнозирование, регрессионный анализ, корреляционный анализ, регрессия, продажи, ритейл.*

Введение

Ритейл – это механизм продажи товаров и услуг, запутанная и сложная сеть из покупателей и продавцов. Продавцы закупают товары в определённом кол-ве оптом и продают по определённой цене на различных площадках и в различных розничных сетях.

Покупатели берут выложенный товар исходя из своих мотивов. Собрав датасет из проданных товаров, можно понять мотивы людей, месяцы высокого спроса и малого, интересные продукты и не особо в определённые периоды.

Наша цель в данной статье – изучить прогнозирование будущих продаж основе прошлых продаж. Эти данные поступают с веб-сайта Kaggle, на котором собраны датасеты различных компаний. Важно иметь огромный массив данных для того, чтобы модель могла вычленить зависимости между данными.

© Артемьев Е. А., Мокшин В. В., 2022

1. Методология

Данные были получены с веб-сайта Kaggle; набор данных был озаглавлен “Predict Future Sales”. Перед началом работы с данными

были выдвинуты несколько различных гипотез относительно того, какие переменные будут иметь большое значение для увеличения продаж. Наиболее интересными для обучения признаками были выделены цена, дата, торговая точка, сам товар. После первых экспериментов стало ясно, что этих параметров недостаточно и их использование в том виде, в котором они представлены в датасете неудачно и требует преобразования.

Данные были разделены на обучающуюся и тестовую выборки в отношении 80:20 и очищены путём удаления дубликатов, выбросов, строк с пустыми значениями, сортировки по дате, замены дат и строковых значений числовыми для более эффективного обучения. Затем был проведён корреляционный анализ, чтобы определить ключевые факторы, которые имеют тесную связь с предсказанием поля, отвечающего за кол-во проданных товаров в определённый промежуток времени. Связь между данными была установлена крайне незначительной, для чего было принято перегруппировать данные, но после проведения экспериментов с линейной регрессией. Алгоритм линейной регрессии сработал неудачно, но дал нам важную информацию насчёт влияния параметров на обучение: id товара, id торговой точки и месяц продаж. Затем заменили алгоритм на метод ансамблевого обучения Extreme Gradient Boosting Regressor для адаптивного изменения распределения обучающих данных, уделяя больше внимания ранее неправильно классифицированным записям для создания базовых учащихся. Алгоритм показал себя лучше, указав нам на то, что всё те же поля оказывают наибольшее влияние на обучение и на то, что можно перегруппировать данные и добавить новые признаки.

Для оценки точности алгоритма были использованы такие метрики как MAE, MSE, RMSE. MAE – В статистике, средняя абсолютная ошибка является мерой ошибок между парными наблюдениями, выражающих то же явление. Вычисляется по формуле:

$$MAE = \sum_{i=1}^{n} \left| y_i - x_i \right| / n = \sum_{i=1}^{n} \left| e_i \right| / n,$$

- n – число прогнозов;
- y – спрогнозированное значение;
- x – изначальные значения.

Средняя абсолютная ошибка известна как мера точности, зависящая от масштаба и имеет вид:

$$MSE = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2,$$

– n – число прогнозов;
– y – изначальные данные;
– $\hat{y}$ - предсказанное значение.

RMSE (Root Mean Square Error) – это квадратный корень из значения, полученного с помощью функции среднеквадратической ошибки.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\text{Predicted}_i - \text{Actual}_i)^2 / N},$$

– Predicted – число прогнозов;
– Actual – изначальные данные;
– N – предсказанное значение.

2. Анализ

Поскольку мы пробуем предсказать кол-во проданных товаров в определённый промежуток времени, мы использовали регрессионный анализ. Регрессионный анализ – набор статистических методов исследования влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую.

В исследовании были некоторые ограничения. Одним из ограничений являются выбросы и определение переменных, необходимых для обучения. Для выявления второго был использован корреляционный анализ. По полученным данным видно, что связь крайне несущественная, поэтому были выбраны все признаки для первых экспериментов (рис. 1).

	date_block_num	shop_id	item_id	item_price	item_cnt_day
date_block_num	1.000000	0.019273	0.009356	0.095010	0.009402
shop_id	0.019273	1.000000	0.029396	-0.024034	-0.005230
item_id	0.009356	0.029396	1.000000	-0.134104	0.016650
item_price	0.095010	-0.024034	-0.134104	1.000000	0.011197
item_cnt_day	0.009402	-0.005230	0.016650	0.011197	1.000000

Рис. 1. Корреляционный анализ

После пропуска датасета по линейной регрессии и методу ансамблевого обучения стало ясно, что сам товар и торговая точка влияют на обучение в большей степени (рис. 2). Но результаты обучения были не оптимистичными, поэтому было принято решение сгруппировать данные по-другому и связь между признаками стала выше (рис. 3) [1].

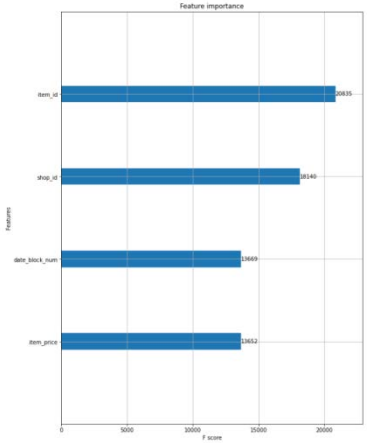


Рис. 2. Параметры, влияющие на обучение

index	date_block_num	shop_id	item_id	item_cnt_month	shop_category	shop_city	item_category_id
date_block_num	1.0	0.022619083075971 48	-0.012621322296694718	-0.08686233353995 3814	-0.012212154772462 99	0.021259480301459403	0.015756266619110706
shop_id	0.022619083075971 48	1.0	0.0093466641161556666 95	0.008252940600719245	-0.13051819869574335	0.9851300305824917	0.0031955849529621953 5
item_id	-0.012621322296694718	-0.009344664116155666095	1.0	-0.012186849177962 03	0.003332645323626466 46	-0.0029635945424420363	0.12937494419269333
item_cnt_month	-0.08686233353995 3814	0.008252940600719245	-0.012186849177962 03	1.0	-0.031670144933938 2713	0.007829367447621634	-0.025881457916516664
shop_category	-0.012212154772462 99	0.19055119869574335	0.003332646323626 46446	-0.031670144933938 2713	1.0	0.05468221124064191	-0.030935816027337 4369
shop_city	0.021259480301459403	0.9851300305826917	-0.0029635945424420363	0.007829367447621634	0.05468221124064191	1.0	-0.030133846021630746 8
item_category_id	0.015756266619110706	-0.009135684952962 19535	0.129374944192693 33	-0.025884647916516 6554	-0.030935816027337 4369	-0.030133846021630746 8	1.0
name2	0.020127553224157122	0.008058689732276 9832	-0.246403045731595 38	0.027711867818949436	-0.030525472288447 2049	0.009754746281642 8036	-0.29188512229111 94
name3	0.079469598810 3075	-0.019525528911133 6107	0.110329277612 69665	-0.017799685694995 73	0.002603993529297 5115	0.031519037672311 9579	0.14553193551 33086
subtype_code	0.18094423834519564	0.062112650427581 2416	-0.132343288155 27913	0.025874767496 77808	-0.003472452148664 414	0.001982156284147 98	0.26415975654215644
type_code	0.8064401461633 6357	-0.806440142949 409664	0.147488088993 08075	-0.036463981241664 445	-0.030529628064894 3755	-0.006135947064865 426	0.9554274727 718361
item_cnt_month_lag_1	0.08013696586691748072	0.018093337772367 1237	-0.015997869189 7872	0.726736089416 7479	3.134686914943 2666e-05	0.0094928043641 2323	-0.029874942276 12117
item_cnt_month_lag_2	7.6156119589210 48e-35	0.018089777368098 179	-0.017458546536 82894	0.649695741294161	0.031368123729168 735	0.019117837634381582	-0.031599279659 52825
item_cnt_month_lag_3	0.001259657857 903271	0.011306036136405 71	-0.018325430894583 65	0.626879384764353	0.031832258877 4209236	0.019691512398431555	-0.033169386422163 21
date_avg_item_cnt_lag_1	-0.06776477052113475	-0.010465340555323 1224	-0.004123706168094966	0.068708278338489985	0.002958366364521 88	-0.0082739059766674 9846	0.0019710355565001 12
date_item_avg_item_cnt_lag_1	4.741952703157 6615e-35	8.5304731566253 37e-35	0.024923207327 468548	0.518149781724 7801	4.232226553194 408e-05	0.024154631267 195e-05	-0.046350483098 40784
date_item_avg_item_cnt_lag_2	-0.0081756086258042 7927	2.150494754527 8722e-35	-0.026888623394 318855	0.469816449996 33793	0.003152987095 202049 82	3.2161692779 99445e-05	-0.048757395349 483184
date_item_avg_item_cnt_lag_3	0.082831868729 615777	9.936313673 608605e-35	-0.028142749768 615154	0.467792129367 675	8.054664146 268324e-05	0.000112867399 8583735	-0.050626348 381167 13
date_shop_avg_item_cnt_lag_1	-0.012459096 3840995 23	0.122896107385 19243	-0.090873466513 3016452	0.878710638845 95667	-0.031627529275 831634	0.115703579925 10378	0.010323879921 4994326
date_shop_avg_item_cnt_lag_2	-0.016934454504 894944	0.177484214 26942633	5.301293799726 18e-35	0.866774337673 49866	-0.003158556 810766568	0.120489569 8726152	0.010781657916 784 3087
date_shop_avg_item_cnt_lag_3	-0.022192503 031443537	0.131424233028 7213	0.006592849 181154 5427	0.858247863918 66077	0.00199875239111317	0.124745094221 3091	0.009369139523 8853113
date_shop_item_avg_item_cnt_lag_1	0.008136958691 749072	0.018093337772 367 1297	-0.015997869189 7872	0.726736089416 7479	3.134686914943 2666e-05	0.0094928043641 2323	0.029874942276 12117
date_shop_item_avg_item_cnt_lag_2	2.616119589210 48e-35	0.018089777368 098179	-0.017458546536 82894	0.649695741294161	0.031368123729168 735	0.019117837634381582	-0.031599279659 52825
date_shop_item_avg_item_cnt_lag_3	0.001259657857 903271	0.011306036136 405 71	-0.018325430894 583 65	0.626879384764353	0.031832258877 4209236	0.019691512398431555	-0.033169386422163 21
date_shop_subtype_avg_item_cnt_lag_1	0.030787711772 6253848	0.016466493292 7509	-0.018467686975 73844	0.732692827012616	6.998616804 076423e-07	0.009736751307 82464	-0.033212199132 091277
date_city_avg_item_cnt_lag_1	-0.019092590573999965	0.139248863421 23638	-0.001185274669 3225323	0.649283738727 61641	-0.131145907781 37728	0.163078907162 40017	0.009277907 3864716277
date_item_city_avg_item_cnt_lag_1	1.317500162092536 7e-35	0.009325469899 54153	-0.018038019922 841172	0.639504923746 1435	-0.003099519918 872072	0.011004113758666 65	-0.033361589822 5797
delta_price_lag	-0.146137338185 13756	-0.005230599771 7154654	-0.007435198042929805	0.086677799793 95643	0.003727293151 1954175	-0.095055209639482 39684	0.047132511587 31372
delta_revenue_lag_1	-0.013851158886 68037	0.058678576943 795426	-0.018181379348 463623	0.961037838527 6914	-0.027770680157 24568	0.041994756291 9569	0.010042923693 084 17817
month	0.823529487688 527234	0.006616582211 597759	0.093335899796 4968655	0.084946642241 959705	0.003893586169 722648	0.035994904181 542295	0.314603361203 244956
days	-0.059713427999 88804	-0.003056837 0869684 33	0.003785219543 718814	0.092812150854 498159	-0.003694150297 368665	-0.002948135447 137487	-5.12896733646 67e-05
item_shop_first_sale	0.461065952891 6556	-0.018894663 434446689	-0.008633745669 777614	-0.027638936809 862946	0.009905368852 980527	-0.015338427023 586047	-0.033819419978 683615
item_first_sale	0.481336085629 02845	0.012278577 458492481	-0.009334610957 69959	-0.032413060870 183954	-0.014640328534 424303	0.011550095873 999759	-0.003416577162 489271

Рис. 3. Корреляционный анализ преобразованного датасета

3. Прогнозирование

Мы пробуем предсказать кол-во проданных товаров в определённый промежуток времени. Для этого мы используем несколько алгоритмов обучения модели: «Линейная регрессия», “eXtreme Gradient Boosting Regressor”.

Применив линейную регрессию, получаем неутешительные результаты. Мы видим такие метрики как MAE, MSE, RMSE и таблицу, по которой можем увидеть, какие столбцы в какой степени влияют на обучение (рис. 4).

```
mse: 18.373, mae: 0.523
Mean Absolute Error: 0.5229426436550997
Mean Squared Error: 18.3727463847258
Root Mean Squared Error: 4.286344174786458
```

	Coefficient
date_block_num	0.004828
shop_id	-0.000826
item_id	0.000008
item_price	0.000021

Рис. 4. Результаты линейной регрессии

Визуализировав данные для ТТ с id=2 в первый месяц 2015 года, видим, насколько плохо справилась модель, если смотреть в разрезе ТТ и периода (рис. 5). Дать советы магазину по такому результату не получится.

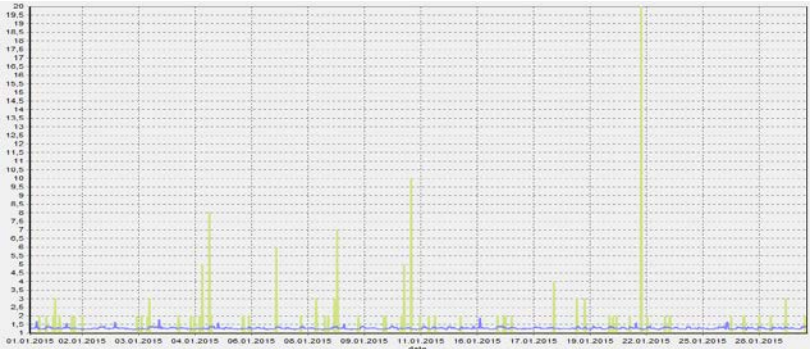


Рис. 5. График полученных и исходных данных

EXtreme Gradient Boosting Regressor – это метод ансамблевого обучения, который позволит создать окончательную модель путем объединения нескольких слабых моделей. Как описано в названии машины для повышения градиента, используется метод градиентного

спуска и повышения. Метод Boosting использует итеративную процедуру для адаптивного изменения распределения обучающих данных, уделяя больше внимания ранее неправильно классифицированным записям для создания базовых учащихся. Это можно рассматривать как последовательное добавление моделей до тех пор, пока не прекратятся дальнейшие улучшения. Для минимизации потерь используется алгоритм градиентного спуска. При повышении градиента, когда прогнозы нескольких моделей комбинируются, градиент используется для оптимизации прогнозирования усиленной модели в каждом раунде повышения.

Мы также взяли отсортированный по дате датасет и разделили его на обучающую и тестовую выборки. И подали его на вход модели без ухищрений. Получаем результаты, которые выглядят лучше, чем у линейной регрессии, но недостаточно хороши, чтобы использовать в реальной жизни.

Результаты обучения выглядят следующим образом (рис. 6):

```
[1]   validation_0-rmse:2.09102    validation_1-rmse:2.09102
[2]   validation_0-rmse:2.05408    validation_1-rmse:2.05408
[3]   validation_0-rmse:2.03131    validation_1-rmse:2.03131
[4]   validation_0-rmse:2.00578    validation_1-rmse:2.00578
[5]   validation_0-rmse:1.98453    validation_1-rmse:1.98453
[6]   validation_0-rmse:1.96968    validation_1-rmse:1.96968
…
[998] validation_0-rmse:1.70407    validation_1-rmse:1.70407
[999] validation_0-rmse:1.70392    validation_1-rmse:1.70392
Mean Absolute Error: 0.45253064959522105
Mean Squared Error: 16.83557398677999
Root Mean Squared Error: 4.103117593584175
```

	Actual	Predicted
2348679	1.0	1.464342
2348680	2.0	1.464342
2348681	1.0	1.464342
2348682	1.0	1.464342
2348683	1.0	2.632516
...	...	...
2935844	1.0	1.029175
2935845	1.0	1.029175
2935846	1.0	1.107367
2935847	1.0	1.029175
2935848	1.0	1.029175

587170 rows × 2 columns

Рис. 6. Результаты EXtreme Gradient Boosting Regressor

Feature_importances позволяет оценить, какие признаки оказывали существенное влияние на обучение (рис. 7).

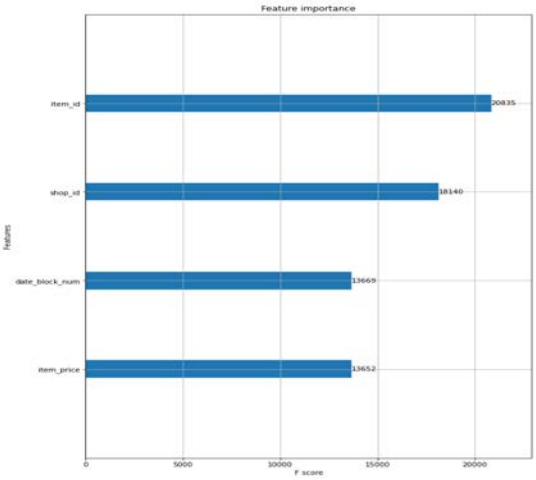


Рис. 7. Feature_importances. EXtreme Gradient Boosting Regressor

Попробуем уменьшить ошибку, доработав алгоритм выше путём группировки данных и добавлением новых признаков. Результаты обучения (рис. 8):

```
[0]   validation_0-rmse:1.18496    validation_1-rmse:1.11945
[1]   validation_0-rmse:1.12885    validation_1-rmse:1.07960
[2]   validation_0-rmse:1.08653    validation_1-rmse:1.04936
[3]   validation_0-rmse:1.04426    validation_1-rmse:1.02158
[4]   validation_0-rmse:1.01560    validation_1-rmse:0.99966
[5]   validation_0-rmse:0.98959    validation_1-rmse:0.98105
…
[67]  validation_0-rmse:0.76339    validation_1-rmse:0.91226
[68]  validation_0-rmse:0.76288    validation_1-rmse:0.91230
[69]  validation_0-rmse:0.76230    validation_1-rmse:0.91229
[70]  validation_0-rmse:0.76176    validation_1-rmse:0.91222
```

Посмотрим, насколько хорошо предсказала модель кол-во проданных товаров за январь 2015 года в ТТ с id=50.

По диаграмме (рис. 9) видно, что результаты несильно отличаются, но опять же стоит отметить, что результаты далеки от совершенных и предсказывать по такой модели опасно.

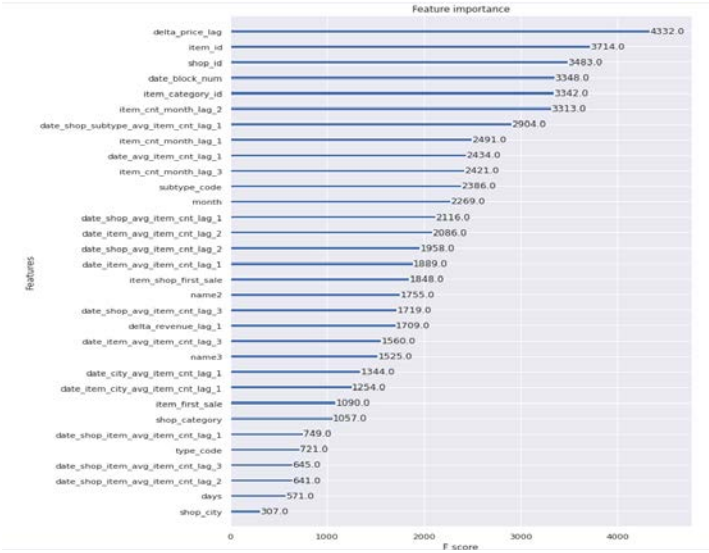


Рис. 8. Feature_importances. EXtreme Gradient Boosting Regressor

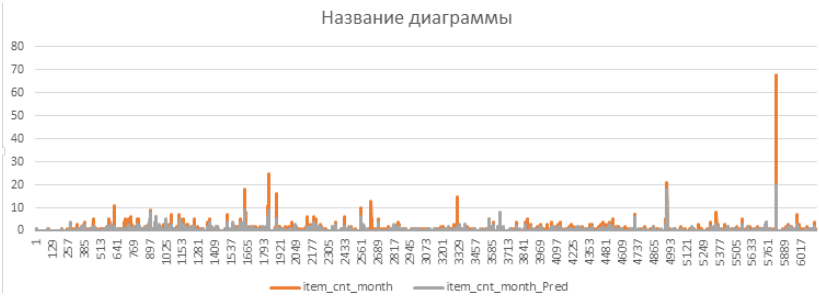


Рис. 9. График исходных и полученных данных EXtreme Gradient Boosting Regressor

Заключение

В данном исследовании представлен подход, основанный на машинном обучении, для оценки продаж на будущие месяцы по данным прошлых месяцев. Полученная модель требует улучшений и, возможно, замены на более сложные модели с обширным функционалом, но положительный результат использования машинного обучения в ритейле виден из графиков выше.

Большой набор данных был обработан, прежде чем передать его предлагаемым классификаторам и спрогнозировать кол-во проданных товаров. Необходимо для каждой задачи правильно сгруппировать данные и выделить необходимые признаки. Оценка основана на сравнении результатов предсказания и реальных значений продаж, производительности модели были оценены с помощью метрик MAE, MSE, RMSE, что показало, насколько модель приближена к реальной. По полученным данным, можно сказать, что разработанный алгоритм имеет место быть для грубого предсказания продаж как подспорье для дальнейшего анализа и выводов. Также результаты указывают на то, что анализ данных по продажам – это непростая задача с множеством подводных камней.

Список литературы

1. Мокшин, В. В. Рекурсивный алгоритм построения регрессионных моделей сложных вероятностных объектов / В. В. Мокшин, И. Р. Сайфудинов, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. – 2017. – № 9. – С. 112-116.

2. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной системы / В. В. Мокшин, И. М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – № 5. – С. 46-51.

Математическая модель оценки влияния функционального состояния системы связи на непрерывность управления авиационным формированием

С. С. Белоусов, email: belousovtel@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье предложена математическая модель оценки влияния функционального состояния системы связи на вероятность непрерывности управления авиационным формированием, основанная на анализе среднего времени исправности и простоя требуемого ресурса связи пункта управления.*

Ключевые слова: *модель, функция, система связи, граф, вероятность непрерывности.*

Введение

Рассматривая вопросы моделирования процесса управления [1,2] рассмотрим граф перехода системы S из управляемого состояния S_y в неуправляемое состояние $S_н$ который имеет вид, представленный на рис. 1:

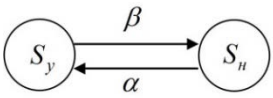


Рис. 1. Граф перехода системы из управляемого состояния в неуправляемое

Здесь $\beta = 1/T_{пу}$ – интенсивность потери управленческих функций органом управления; $\alpha = 1/T_{ву}$ – интенсивность восстановления управленческих функций; $T_{пу}$ – среднее время между интервалами потери управления; $T_{ву}$ – среднее время восстановления управленческих функций [3,4].

Вероятность состояния S_y в момент времени t, $t_0 \le t \le T_l$, описывается функцией вероятности непрерывности управления $P_{ну}(t)$, а

© Белоусов С. С., 2022

вероятность состояния $S_н$ в момент времени t описывается функцией вероятности потери управления $P_{ну}(t) = 1 - P_{ну}(t)$. Поэтому вероятность $P_{ну}(t)$ того, что система в каждый момент времени обеспечивает непрерывность управления, с учетом вида графа может быть получена путем интегрирования дифференциального уравнения

$$\frac{d}{dt} P_{\text{ну}}(t) = P'_{\text{ну}}(t) = -\beta P_{\text{ну}}(t) + \alpha(1 - P_{\text{ну}}(t)) \qquad (2)$$

С начальным условием $P(t) = 1$ получим решение

$$P_{\text{ну}}(t) = \frac{\beta}{\alpha + \beta} e^{-(\alpha+\beta)(t-t_0)} + \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \qquad (3)$$

Заметим, что функция $P_{ну}(t)$ убывающая и характеризует потерю непрерывности управления. Типичный график функции $P_{ну}(t)$ представлен на рис. 2:

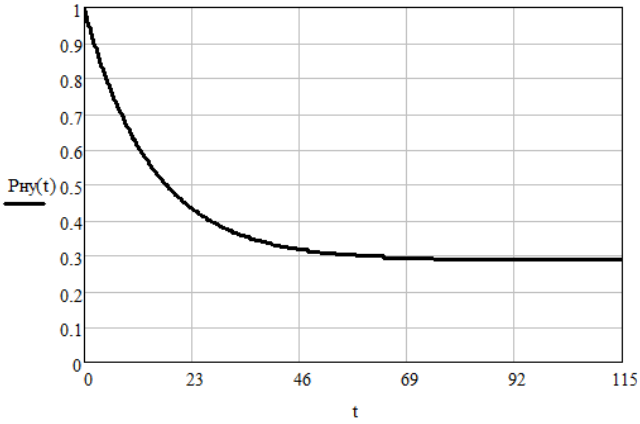


Рис. 2. График функции $P_{\text{ну}}(t)$ непрерывности управления

Система управления S состоит из N пунктов управления (ПУ). Определим состояния системы:

S_0 – все ПУ функционируют,

S_k – k ПУ прекратили функционирование, $1 \le k \le N$.

Детализируем граф на рис. 1. с учетом всех ПУ:

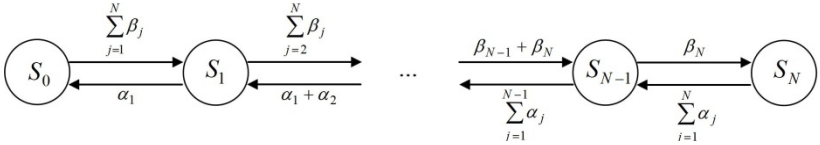


Рис. 3. Граф функциональных состояний системы связи в результате потери управляющих функций

Здесь β_k – интенсивность перехода системы из состояния S_k в состояние S_{k+1}, α_k – интенсивность перехода системы из состояния S_k в состояние S_{k-1}. Интенсивности β_k характеризуют процесс потери управляющих функций, интенсивности α_k характеризуют процесс восстановления управляющих функций.

Вероятности $P_k(t)$ состояний S_k с учетом вида графа могут быть найдены путем интегрирования системы дифференциальных уравнений

$$
\begin{aligned}
&P_0'(t) = -\sum_{j=1}^{N}\beta_j P_0(t) + \alpha_1 P_1(t)\\
&P_1'(t) = -\left(\sum_{j=2}^{N}\beta_j + \alpha_1\right)P_1(t) + \sum_{j=1}^{N}\beta_j P_0(t) + (\alpha_1+\alpha_2)P_2(t)\\
&P_2'(t) = -\left(\sum_{j=3}^{N}\beta_j + \alpha_1 + \alpha_2\right)P_2(t) + \sum_{j=2}^{N}\beta_j P_1(t) + (\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)P_3(t)\\
&\ldots\\
&P_{N-1}'(t) = -\left(\beta_N + \sum_{j=1}^{N-1}\alpha_j\right)P_{N-1}(t) + (\beta_{N-1}+\beta_N)P_{N-2}(t) + \sum_{j=1}^{N}\alpha_j P_N(t)\\
&P_N'(t) = -\sum_{j=1}^{N}\alpha_j P_N(t) + \beta_N P_{N-1}(t)\\
&P_0(t) + P_1(t) + \ldots + P_N(t) = 1
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

Начальные условия: $P_0(t_0) = 1$, $P_1(t_0) = P_2(t_0) = \ldots = P_N(t_0) = 0$.

Типичные графики функций $P_k(t)$ представлены на рис. 4.

Решение системы (3) даст функции

$$P_k(t) = \sum_{i=1}^{N}\phi_i(\{\alpha_j\},\{\beta_j\})e^{-f_i(\{\alpha_j\},\{\beta_j\})(t-t_0)} + g_k(\{\alpha_j\},\{\beta_j\}) \qquad (5)$$

где $\phi_i(\{\alpha_j\},\{\beta_j\})$, $f_i(\{\alpha_j\},\{\beta_j\})$, $g_k(\{\alpha_j\},\{\beta_j\})$ – некоторые функции интенсивностей, участвующих в (3).

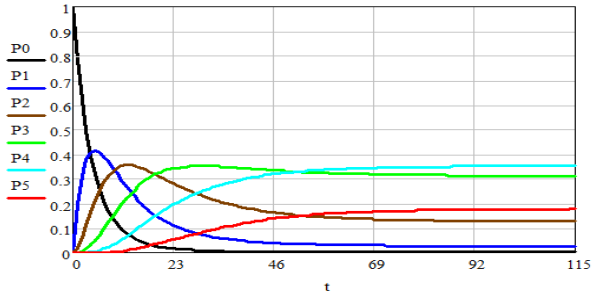


Рис. 4. Граф функциональных состояний системы связи в результате потери управляющих функций

Так как все ПУ независимы друг от друга и могут функционировать в любом сочетании, то по теореме о сумме вероятностей для оценки вероятности непрерывного управления системой связи с учетом введенных состояний, связанных с прекращением функционирования ПУ, можно использовать формулу

$$\tilde{P}_{\text{ну}}(t) = \sum_{m=0}^{N} P_{m,N}(t) \qquad (6)$$

где $P_{m,N}(t)$ – вероятность того, что из N ПУ будут функционировать m ПУ. Значения $P_{m,N}(t)$ найдем с помощью производящей функции

$$(1-P_0(t)+P_0(t)z)(1-P_1(t)+P_1(t)z)\cdots(1-P_N(t)+P_N(t)z) \qquad (7)$$

Раскрыв скобки, получим многочлен по степеням z:

$$\prod_{k=0}^{N}(1-P_k(t)) + \sum_{m=0}^{N-1} f_m(P_0(t),...,P_N(t))z^m + \prod_{k=0}^{N} P_k(t)z^{N+1} \qquad (8)$$

где $f_m(P_0(t),...,P_N(t))$ – некоторые функции значений вероятностей. Тогда, согласно смыслу производящей функции,

$$P_{m,N}(t) = f_m(P_0(t),...,P_N(t)), m = \overline{0, N-1}, P_{N,N}(t) = \prod_{k=0}^{N} P_k(t) \qquad (9)$$

В заключение пункта обсудим вопрос об использовании выражений функций $P_k(t)$ (см. (4)) и им подобных (состоящих из суммы нескольких экспоненциальных функций) в аналитическом виде, с числовыми коэффициентами или в виде таблиц значений. Использование функций $P_k(t)$ после интегрирования в среде Mathcad в виде таблиц значений вероятностей в заданные заранее моменты времени позволяет строить

графики, но не дает возможности оперировать функциями математически.

При $N \geq 5$ результат решения системы уравнений после преобразования Лапласа (как промежуточного этапа в решении системы (3)) в среде Mathcad становится либо необычайно громоздким, либо невозможным. Из-за этого выражения (4) становятся также крайне громоздкими, состоящими из $N+1$ слагаемого с коэффициентами относительно интенсивностей, имеющими сложный вид. Как следствие этого, получение функций вида (5) превращается в непреодолимую проблему.

Использование функций $P_k(t)$ с числовыми коэффициентами (получающимися после задания значений интенсивностей) также приводит в выражении (5) к громоздким суммам.

Выходом из положения является аппроксимация функций, заданных таблицами своих значений, или сложного аналитического вида функций более простыми функциями с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Значение коэффициента корреляции по критерию Пирсона позволит оценить качество аппроксимации.

Пусть, например, имеем функции с числовыми коэффициентами

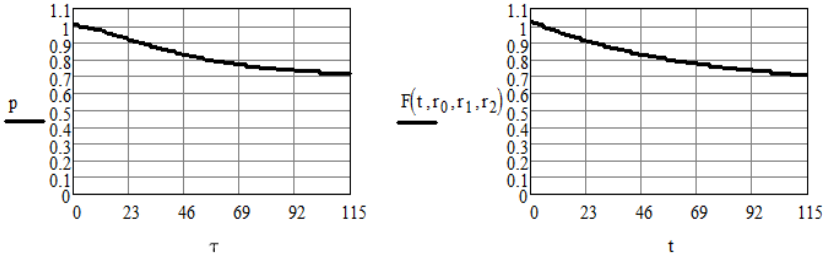
$$p_1(t) = 0.247 \cdot e^{-0.0525 \cdot t} + 0.4 \cdot e^{-0.0275 \cdot t} + 0.21 \cdot e^{-0.0752t} + 0.117$$
$$p_2(t) = -0.127 \cdot e^{-0.0525 \cdot t} + 0.219 \cdot e^{-0.0274 \cdot t} - 0.284 \cdot e^{-0.0751t} + 0.192 \qquad (10)$$
$$p_3(t) = -0.299 \cdot e^{-0.0526 \cdot t} + 0.0814 \cdot e^{-0.0274 \cdot t} + 0.000672 \cdot e^{-0.0751t} + 0.381$$

Найдем интерполирующую функцию для функции $p(t) = p_1(t) + p_2(t) + p_3(t)$. Будем искать ее в виде $F(t) = r_0 e^{-r_1 \cdot t} + r_2$. Очевидно, такая функция значительно удобнее для использования.

С помощью МНК получены значения коэффициентов $r_0 = 0.384$, $r_1 = 0.016$, $r_2 = 0.641$ и интерполирующая функция $F(t) = 0.384 \cdot e^{-0.016 \cdot t} + 0.641$ со значением коэффициента корреляции 0.998. Графики обеих функций представлены на рис. 5.

Теперь проинтерполируем функцию (5). Типичный график функции (5) представлен на рис. 6.

Согласно виду $\tilde{P}_{ну}(t)$, в качестве интерполирующей выберем функцию $F(t) = r_0(1 - e^{-t}) + r_1\sqrt{t} + r_2 t$. Метод наименьших квадратов дает решение $F(t) = 0.553(1 - e^{-t}) + 0.062\sqrt{t} - 0.004158t$ с корреляцией 0.966. График функции $F(t)$ представлен на рис. 7.



а б

а – график функции $p(t)$, *б – график функции* $F(t)$

Рис. 5. Графики функций $p(t)$ и $F(t)$

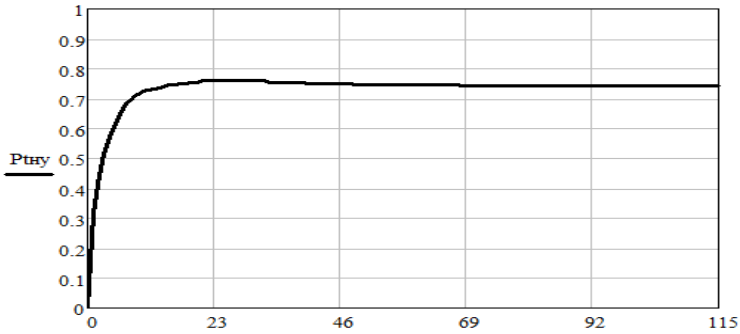


Рис. 6. График функции $\tilde{P}_{\text{ну}}(t)$

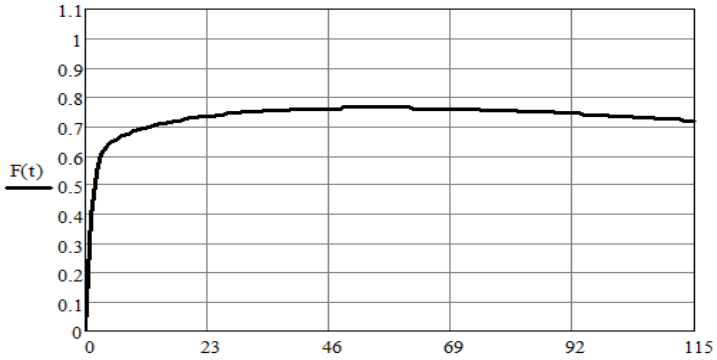


Рис. 7. График интерполирующей функции $F(t)$

Заключение

Таким образом, предложенная математическая модель оценки влияния функционального состояния системы связи на вероятность непрерывности управления авиационным формированием, основанная на анализе среднего времени исправности и простоя требуемого ресурса связи пункта управления позволяет прогнозировать возможные потери управления воздушными судами с наземного пункта управления для принятия своевременных мер по их недопущению.

Список литературы

1. Алтухов, П. К. Основы теории управления войсками / И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е. Татарченко; Под ред. П. К. Алтухова. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.
2. Боговик А. В., Теория управления в системах военного назначения: учебник / А.В. Боговик, В.В. Игнатов – СПб.: ВАС. 2008. – 460 с.
3. Белоусов, С. С. Проведение исследований непрерывности управления авиационным формированием с использованием средств компьютерного моделирования / С. С Белоусов, П. А. Федюнин, С. П. Юрченко // сб. мат. XXI Международной конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2021) (Воронеж, 11−12 февраля 2021 г.). – Воронеж, 2021. – С. 1623-1627.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669806 от 02.12.2021 г Программа для расчёта среднего времени исправности и простоя требуемого ресурса связи пункта управления. / Белоусов С.С..; заявитель и правообладатель Белоусов С. С., заявка №. 2021668807; в реестре программ для ЭВМ 02.12.21.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669722 от 02.12.2021 г Программа для расчёта показателя вероятности непрерывности управления с пункта управления / Белоусов С.С..; заявитель и правообладатель Белоусов С. С., заявка №. 2021668819; в реестре программ для ЭВМ 02.12.21.

Некоторые значимые тренды в развитии цифровой трансформации

А. А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *Статья посвящена актуальным вопросам развития цифровой трансформации, прежде всего в части наиболее наукоемких направлений. Среди них выделены искусственный интеллект, стандартизация в сфере информационных технологий, системные подходы к межведомственному информационному взаимодействию и высокопроизводительные вычисления для научных исследований. Показаны некоторые значимые результаты ФИЦ ИУ РАН.*

Ключевые слова: *цифровая трансформация, информационное взаимодействие, искусственный интеллект, стандартизация, высокопроизводительные вычисления.*

Введение

Цифровая трансформация в России набирает ход и проявляется в нарастающем росте информационных технологий во многих измерениях: объемы данных, количество информационных сетей, их производительность, скорость передачи, вычислительные ресурсы и многое другое. Так, по ряду оценок, сегодня в мире используется более 20 миллиардов подключенных компьютерных устройств (в среднем примерно три устройства на каждого жителя Земли). Темпы роста информационных технологий значительно опережают темпы изменений в других технологических областях. Это приводит к все более глубокому погружению общества и государства в мир информационных технологий и компьютерных устройств. Они становятся постоянным средством обеспечения процессов национальной экономической, политической, социальной жизни общества, источником конкурентоспособности и военной мощи государств.

Однако наряду с очевидными позитивными импульсами в различных сферах жизнедеятельности цифровая трансформация одновременно создает и множество угроз, обусловленных появлением нетрадиционных каналов несанкционированного доступа к информационным ресурсам и утечки доверенной информации, в том числе персональных данных. При этом угрозы и соответственно

© Зацаринный А. А., 2022

уязвимости формируются быстрее, чем наше представление о рисках и порождаемых ими опасностях.

В этой связи, следует отметить очень важные нормативные документы, принятые руководством нашей страны, которые определяют основы государственной политики в сфере стратегического планирования [1], стратегию национальной безопасности России [2] и стратегические направления в области цифровой трансформации государственного управления в России [3]. Важно, что в соответствии с принятыми документами цифровая трансформация вошла в перечень инициатив социально-экономического развития России до 2030 года. В [3] определено, что задачами цифровой трансформации в сфере государственного управления являются повышение качества и системность исполнения следующих государственных функций:

– государственное регулирование и выработка государственной политики в отраслях экономики и социальной сфере;
– предоставление государственных и муниципальных услуг;
– осуществление контрольной и надзорной деятельности;
– управление государственным имуществом;
– обеспечение безопасности государства в целом и граждан в частности.

В статье рассматриваются некоторые наиболее значимые тренды в развитии цифровой трансформации, включая искусственный интеллект, стандартизацию, межведомственное информационное взаимодействие, цифровые платформы для научных исследований, информационную безопасность.

1. Искусственный интеллект как драйвер развития цифровой трансформации

Сегодня искусственный интеллект занял значимое место практически во всех сферах жизни общества: экономика, финансы, промышленность, социальные процессы, культура, торговля, услуги, образование и, наконец, сфера обороноспособности и безопасности. Как известно, в 2019 году Президентом России утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [4].

Почему искусственный интеллект получил такое «взрывное» развитие именно в последние 10 лет? Это обусловлено тремя группами факторов:

1. Технологические условия – появление электронной компонентной базы, необходимой для реализации технологий нейронных сетей и машинного обучения; в частности, определяющим стало появление высокопроизводительных графических карт.

2. Научно-производственные возможности для массового производства.

3. Развитие теории искусственного интеллекта – с 50-г.г. прошлого столетия.

Синергетика этих трех предпосылок и явилась причиной интенсивного развития интеллектуальных систем и устройств.

Последний, третий фактор, сейчас как-то ушел в тень, о нем не принято говорить. Это обусловлено тем, что искусственный интеллект (ИИ) все больше трактуется как технологическое направление, основанное на разработке и внедрении конкретных «интеллектуальных» устройств. Вместе с тем, ИИ является научным направлением, основанным на теоретических исследованиях и имеющем глубокие корни, в том числе и в нашей стране. Достаточно упомянуть, что еще в январе 1974 г. был образован Совет по проблеме «Искусственный интеллект» в рамках Комитета по системному анализу Президиума АН СССР под председательством Г.С. Поспелова. Среди главных научных достижений Д.А. Поспелова, снискавших ему мировое признание, можно указать создание теории ситуационного управления и теории семиотического моделирования (прикладной семиотики) [5].

Существенную роль в развитии теории и практики искусственного интеллекта в стране сыграли коллегиальные научные органы: Научный совет при Президиуме АН СССР по проблеме «Искусственный интеллект» (1986 г.), Советская ассоциация искусственного интеллекта (1989), Российская ассоциация искусственного интеллекта (1992) [6].). В настоящее время ученые ФИЦ ИУ РАН развивают исследования по трем крупным научным направлениям.

Первое (академик Ю. И. Журавлёв, д.ф.-м.н. К. В. Воронцов) направлено на развитие фундаментальных математических оснований для перспективных методов компьютерного анализа данных.

Второе (д.т.н. О. Г. Григорьев, научная школа профессора Осипова Г. С.) направлено на исследования по созданию новых методов формирования знаковой картины мира, методов и экспериментальных программных средств построения моделей когнитивных процессов субъектов деятельности и их коалиций, по когнитивно-дискурсивному анализу текстов, автоматическому и автоматизированному извлечению знаний из текстов на естественных языках, представлению лингвистических знаний и их приложений в различных областях, в частности, в медицине.

Третье направление (руководитель профессор В. К. Финн) состоит в фундаментальных исследованиях по разработке и развитию методов автоматического порождения и принятия гипотез. Известный российский

учёный в области философии и математической логики В. К. Финн активно занялся исследованиями проблематики ИИ после личного знакомства и общения в 1975 году с известным американским ученым Дж. Маккарти. Финн внёс существенный методологический вклад в точное определение понятий, из которых строится базисная структура области ИИ (точная эпистемология), в начале 1980-х совместно с учениками разработал метод автоматического порождения и принятия гипотез и основанный на нем класс интеллектуальных компьютерных систем, получившие название «ДСМ-метода» и «ИС-ДСМ» [7].

В 2019 г. научными коллективами ФИЦ ИУ РАН под руководством академика И. А. Соколова была разработана комплексная научно-техническая программа «Искусственный интеллект как драйвер цифровой трансформации экономики России», которая была одобрена Советом по приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития России. Программой предусмотрено формирование национальной стратегии в области искусственного интеллекта на основе фундаментальных исследований, прикладных разработок, цифровых интеллектуальных технологий и их широкого внедрения в различных отраслях экономики.

В ФИЦ ИУ РАН продолжают проводиться исследования и разработки в различных областях, относящихся к тематике ИИ. Одним из актуальных направлений исследований является изыскание методов обеспечения устойчивости средств ИИ в условиях современных киберугроз.

ФИЦ ИУ РАН принял участие в конкурсе на создание Центров ИИ, объявленного Минэкономразвития, по направлению «Межотраслевые технологии искусственного интеллекта и искусственный интеллект для иных приоритетных отраслей экономики и социальной сферы».

2. Роль стандартизации возрастает

Стандартизация является основой для практического внедрения цифровых решений и позволяет устранять барьеры применению цифровых моделей и виртуальных испытаний новейших технологий и материалов, оптимизации управления цепочкой поставок.

Как отметил руководитель Росстандарта А.П. Шалаев на Форуме ИТ в ОПК (сентябрь 2022 г., Москва) за последние десять лет принято более 1000 стандартов в сфере ИТ, включая такие наукоемкие сферы как большие данные, робототехника, цифровые двойники. Отмечено развитие международного сотрудничества России, прежде всего с Германией, Францией, Чехией. В марте 2022 года планируется первый российско-германский конгресс по стандартизации в Ганновере.

Принципиально новым направлением является разработка так называемых SMART-стандартов (standards machine applicable, readable & transferrable) или «умных» стандартов, которые представляют собой цифровой (машиночитаемый) документ. Такой стандарт описывает, по существу, математическую модель, позволяющую получать варианты построения изделия (например, АСУ), удовлетворяющие требованиям заказчика, на основе ввода в качестве исходных данных требований, условий функционирования и различных ограничений (включая финансовые). Направление SMART-стандартов предусмотрено концепцией «Индустрия 4.0».

Отметим, что для обеспечения этого направления в структуре Технического комитета ТК22 создан подкомитет «Умные стандарты».

Активно развивается стандартизация в области ИИ. Так, утверждена перспективная программа стандартизации по приоритетному направлению «Искусственный интеллект» на 2021-2024 годы, предусматривающая разработку более 200 документов, включая стандарты общего назначения (в том числе на основе международных стандартов) и отраслевые стандарты с финансированием из федерального бюджета.

Следующим важнейшим направлением стандартизация является проблематика защиты информации. Она неизбежно становится неотъемлемой составной частью системной инженерии, которые все глубже начинают пронизывать основополагающие подходы к обеспечению защиты информации в современных и создаваемых системах.

В период 2020 – 2021 гг. по заказу Росстандарта коллективом разработчиков Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН) при инициативном участии специалистов национальных Технических комитетов по стандартизации ТК 22 «Информационные технологии», ТК 362 «Защита информации», ТК 164 «Искусственный интеллект» и других организаций были созданы 29 стандартов системной инженерии по защите информации, которые охватывают четыре группы системных процессов:

– процессы соглашения – приобретения и поставки продукции и услуг для системы (разработан ГОСТ Р 59329);

– процессы организационного обеспечения проекта – управления моделью жизненного цикла, управления инфраструктурой системы, управления портфелем, управления человеческими ресурсами, управления качеством, управления знаниями (разработаны ГОСТ Р 59330 – ГОСТ Р 59335);

– процессы технического управления – планирования проекта, оценки и контроля проекта, управления решениями, управления рисками, управления конфигурацией, управления информацией, измерений, гарантии качества (разработаны ГОСТ Р 59336 – ГОСТ Р 59343);

– технические процессы – процессы анализа бизнеса или назначения, определения потребностей и требований заинтересованной стороны, определения системных требований, определения архитектуры, определения проекта, системного анализа, реализации, комплексирования, верификации, передачи системы, аттестации, функционирования, сопровождения, изъятия и списания системы (разработаны ГОСТ Р 59344 – ГОСТ Р 59357).

Требования стандартов предназначены для использования организациями, участвующими в создании (модернизации, развитии), эксплуатации систем и реализующими системные процессы, а также теми заинтересованными сторонами, которые уполномочены осуществлять контроль выполнения требований по защите информации.

3. Межведомственное информационное взаимодействие – ключевая проблема цифровой трансформации

Особую значимость в рамках цифровой трансформации приобретает эффективность информационного взаимодействия как между субъектами одного ведомства, так и на межведомственном уровне. Эту задачу предложено решать на основе интеграции распределенных систем ситуационного управления [8, 9].

На основе анализа лучшего отечественного и зарубежного опыта [9, 12] обоснованы общие принципы информационного взаимодействия. Основной из них – принцип единой информационной модели данных в государственном масштабе (ЕМГД). В связи с этим, обоснованы основные характеристики ЕМГД (формирование в виде онтологии, многодоменность, функциональная ориентированность, независимость от поставщиков, операционных систем, носителей информации и приложений). Единая модель данных должна иметь доменную структуру, отражающую все разделы предметной области МВИВ. При создании и ведении ЕМГД целесообразно использовать облачные технологии с целью создания унифицированных мультисервисных систем ситуационного управления, основанных на единых подходах к формированию информационных моделей.

Формирование ЕМГД должно учитывать основные уязвимости при создании больших интегрированных систем ситуационного управления – отсутствие единой политики проектирования и разработки систем управления в части информационной совместимости, оперирование большими объемами неструктурированных данных, недостаточным

охватом современными средствами защищенной связи территории страны [9].

Показано, что организационно центральный орган ведения и поддержания ЕМД должен быть государственным и вневедомственным со статусом государственной информационной системы (ГИС) в защищенном исполнении. ЕМД должна стать обязательной основой для государственных органов при создании новых и модернизации существующих информационных ресурсов.

Показано, что технологической основой решения задачи повышения эффективности информационной поддержки процессов принятия стратегических решений федеральными органами исполнительной власти, определенной в Стратегии национальной безопасности (утверждена Президентом РФ 31.12.2015), должна стать система распределенных ситуационных центров (СРСЦ) [9, 10, 11].

4. Цифровая платформа для научных исследований – как необходимый фактор инновационного развития

Реализация Стратегии научно-технологического развития России, утвержденная Президентом 1 декабря 2016 г., требует развития высокопроизводительной инфраструктуры, предоставляющей условия для проведения эффективных научных исследований как научным коллективам, так и отдельным исследователям. В [13] определены факторы, определяющие значимость высокопроизводительных вычислений в современных условиях. Эти факторы во многом обусловлены возросшей значимостью комплексного моделирования, представляющего из себя синтез аналитического, имитационного и натурного моделирования исследуемых процессов.

Реализация современных методов моделирования предъявляет повышенные требования не только к количественным характеристикам используемой вычислительной среды (производительность, надежность, емкость хранилища данных, процедуры доступа), но и к качественным показателям (гибкость организации вычислительного процесса, эффективность использования вычислительных ресурсов).

Как показывает анализ мирового опыта, большинство индустриально развитых стран приняли долгосрочные планы и программы развития исследовательских инфраструктур [14-17]. Так, в Стратегии развития Europe-2020 Strategy одним из инструментов социально-экономического развития признано создание и совершенствование общеевропейских исследовательских инфраструктур. Европейский Совет в 2002 году учредил специальный форум по исследовательским инфраструктурам (European Strategy Forum on Research Infrastructures 2012 (ESFRI). В 2004 году подготовлена первая

«Дорожная карта развития европейской исследовательской инфраструктуры», которая обновлена в 2008 и 2010 годах. С 2015 года ESFRI перешел к 10-летнему циклу планирования научного развития [4].

Активно занимается формированием совместной политики в сфере крупных исследовательских инфраструктур Организация экономического содействия и развития (ОЭСР) [15]. Она организует заседания Глобального научного форума (The Global Science Forum (GSF), посвященные улучшению качества управления совместным финансированием и эксплуатацией крупных исследовательских инфраструктур. Во Франции в 2004 году создан Национальный центр развития больших исследовательских инфраструктур, а в октябре 2012 г. утверждена «Французская Национальная стратегия исследовательских инфраструктур 2012–2020».

В Германии в 2013 году Федеральное министерство образования и науки (BMBF) приняло «Дорожную карту развития исследовательских инфраструктур». Создана сеть национальных научных лабораторий (SNLs) для проблемно-ориентированных междисциплинарных исследований.

Китайская академия наук разработала и приняла дорожную карту развития больших исследовательских инфраструктур до 2050 года, охватывает почти 50 действующих или проектируемых больших инфраструктурных исследовательских объектов [7].

С учетом общемировых тенденций для повышения эффективности проведения экспериментальных исследований в интересах цифровой трансформации в ФИЦ ИУ РАН создана современная цифровая платформа для научных исследований в виде совокупности центра компетенций, высокопроизводительного вычислительного комплекса (ГВВК) и научных сервисов (аналитических, образовательных, библиотечных, вычислительных, аналитических и др.), которые предоставляют услуги различным сферам деятельности (образование, наука, промышленность, госструктуры). На базе ГВВК создан и зарегистрирован центр коллективного пользования (ЦКП) «Информатика». Реализуемые технологии обеспечивают развертывание программных комплексов (frameworks) в индивидуальной виртуальной среде docker, on-line доступ пользователей к инструментальным средствам ГВВК, интерактивную и пакетную обработку заданий, создание личных кабинетов, единой точки входа и вспомогательные сервисы для пользователей.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 8 ноября 2021 г. №633 «Об основах государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации», https://base.garant.ru/403015816/
2. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации.
3. Распоряжение Правительства РФ от 22 октября 2021 г. N 2998-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления», https://base.garant.ru/402967092/
4. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490. http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731.
5. Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект//Вестник АН СССР, №10, 1975, с.26-36.
6. Zakharov Victor. About the Evolution of the Concept of “Artificial Intelligence” // Proceedings. 2021 International Conference Engineering Technologies and Computer Science (EnT 2021). Moscow, Russian Federation 18-19 August 2021. P. 20-23. 2021 IEEE. ISBN-978-1-6654-2674-9. DOI 10.1109/EnT52731.2021.00010.
7. Финн В.К. К структурной когнитологии: феноменология сознания с точки зрения искусственного интеллекта // Вопросы философии. – 2009. – № 1. С. 88-103.
8. Информационное пространство цифровой экономики: концептуальные основы и проблемы формирования / А.А.Зацаринный [и др.] – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 236 с.
9. Зацаринный А. А. Сучков А. П. Информационное взаимодействие в распределённых системах ситуационного управления / – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2021 – 256 с.
10. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития. Под ред. В.Е. Лепского и А.Н. Райкова. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.
11. Зацаринный, А.А. Методологические аспекты стратегического целеполагания в условиях цифровой трансформации России / А.А.Зацаринный // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD: доклад на Двенадцатой международной конференции (Москва 1-3 октября 2019).
12. National Information Exchange Model [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://www.niem.gov/
13. A.A. Zatsarinnyy. The experience of the FRC CSC RAS in creating a digital platform for scientific research in the cause of digital transformation

// The International Science and Technology Conference “Modern Network Technologies, MoNeTec-2020”.

14. OEC ‘D Science. Technology and Innovation Outlook 20 IS. Comité TGIR – http://www.cnrs.fr/fr/recherche/tgir/presentation.htm

15. Stratégie nationale Infrastructures de recherche 2012–2020. – http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/TGIR/29/6/infras_def3_ 243296.pdf

16. Large Research Infrastructures: Report on Roadmapping of Large Research Infrastructures (2008); Report on Establishing Large International Research Infrastructures: Issues and Options (2010) / OECD Global Science Forum. http://www.oecd.org/sti/inno/47057832.pdf

17. Roadmap for research infrastructures. A pilot project of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Bonn, April 2013. – https://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/germany_roadmap_research_infrastructures_en.pdf35

Некоторые аспекты оценки эффективности и качества информационных систем

А. А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru
Ю. С. Ионенков, email: UIonenkov@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *Доклад посвящен вопросу оценки эффективности и качества информационных систем (ИС). Даны отличия понятий «качество» и «эффективность». Рассмотрены наиболее известные методы оценки эффективности ИС и сформулированы общие подходы к выбору показателей эффективности ИС. Разработаны предложения по перечням и методам расчета показателей эффективности для различных типов ИС с учетом особенностей систем и условий их функционирования. Приведены наиболее распространенные в модели качества ИС. Отмечено, что большинство из них относится к оценке качества программных средств, в то время как нормативная база оценки качества ИС в целом развита недостаточно. Сформулированы предложения по совершенствованию нормативной базы в области оценки качества ИС.*

Ключевые слова: *эффективность, качество, информационная система, показатель эффективности, модель качества.*

Введение

Информатизация общества – это глобальный социально-экономический процесс, особенность которого состоит в том, что определяющим видом деятельности в сфере общественного производства являются сбор, обработка, хранение, представление и использование информации, осуществляемые на основе современных информационных технологий. Существование информационного общества невозможно без эффективно функционирующих информационных систем (ИС).

При этом ИС относятся к классу сложных больших систем с длительным сроком эксплуатации. Одним из важных направлений их развития и совершенствования является разработка методического аппарата, позволяющего производить оценку их технического уровня на всех стадиях жизненного цикла, от замысла до снятия с производства и утилизации.

© Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С., 2022

Технический уровень ИС может характеризоваться двумя понятиями – «эффективность» и «качество». Отметим соотношение понятий «качество» и «эффективность»: если эффективность характеризует степень соответствия системы назначению и приспособленности к достижению целей, поставленных при ее создании, то качество представляется как совокупность свойств системы, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению [1, 2].

В докладе рассматриваются основные методы оценки эффективности и качества ИС, основные проблемы развития и совершенствования нормативной базы и методического аппарата в данной области, сформулированы предложения по их совершенствованию.

1. Общие подходы к оценке эффективности ИС

Анализ имеющихся стандартов и научно-технической литературы показывает, что в настоящее время нет единого взгляда на понятие эффективности систем.

В ГОСТ 34.003-90 [1] и технической литературе [3,4] эффективность системы трактуется как степень достижения целей, поставленных при ее создании.

В ГОСТ 24.702-85 [5] и экономической литературе [6] эффективность системы определяется как соотношение между достигнутыми при функционировании системы результатами и затраченными на ее создание и функционирование ресурсами. При этом достигнутые при функционировании системы результаты, как правило, выражаются в стоимостной форме.

С учетом опыта разработки и эксплуатации информационных систем в интересах государственного управления, а также методического аппарата для оценки их эффективности представляется целесообразным использовать подход к оценке эффективности, принятый в технической литературе.

Для принятия решения о степени достижения цели необходим критерий эффективности – правило, позволяющее сопоставлять стратегии, характеризующиеся различной степенью достижения цели и осуществлять их выбор из множества допустимых [3].

Критерий эффективности системы (изделия) определяют на множестве показателей. Под показателем понимается характеристика, описываемая количественно и позволяющая оценить свойство этой системы с какой-либо одной стороны [5].

Одной из важных задач при оценке эффективности ИС является выбор и обоснование номенклатуры показателей эффективности,

наиболее полно характеризующих конкретную систему. Выбор показателей эффективности целесообразно осуществлять исходя из следующих соображений:

– соответствие показателей целям разработки и назначению системы;

– измеримость с помощью существующих физических величин (желательно выбирать показатели, которые могут быть выражены количественно);

– выбор оптимального числа показателей, так как при их малом числе не в полной мере учитываются целевые функции системы, а с ростом числа показателей возрастает трудоемкость оценки;

– показатели эффективности по возможности должны учитывать требования, регламентируемые действующими нормативно-техническими документами в области ИС.

Конкретный перечень показателей эффективности зависит от типа и задач ИС. При этом выделяются: интегральный показатель эффективности системы; обобщенные и частные показатели эффективности. Интегральный показатель характеризует эффективность системы в целом, обобщенные показатели эффективности отражают различные стороны функционирования системы: техническую; технологическую; организационную и др., частные показатели эффективности включают конкретные характеристики системы по каждой из групп обобщенных показателей.

В ряде публикаций ФИЦ ИУ РАН [7-10], были разработаны перечни показателей эффективности для различных типов ИС. В частности, это перечни показателей эффективности для типовой ИТКС на основе доработанных и расширенных требований ГОСТ РВ 51987-2002, обоснованные в [7], для ИТКС на основе применения облачных технологий [8], для системы распределенных ситуационных центров органов государственной власти (СРСЦ) [9], а также для ведомственной системы ситуационных центров [10].

В качестве примера ниже приведен перечень показателей эффективности для ИС на основе применения облачных технологий (табл. 1).

Для вычисления обобщенных показателей эффективности и интегрального показателя эффективности систем используются существующие методы решения многокритериальных задач.

Наиболее известными методами оценки эффективности систем являются [11-14]:

– метод среднего взвешенного;

– метод Парето;

– метод последовательных уступок;
– метод анализа иерархий;
– метод анализа среды функционирования (DEA-АСФ).

Таблица 1

Показатели эффективности для ИС на основе применения облачных технологий

Обобщенные показатели	**Частные показатели**
Технический	Надежность Скорость обмена информацией Масштабируемость ресурсов Дополнительное пространство хранения Резервное копирование информации
Технологический	Возможности интеграции приложений Развитие среды работы приложений Развитие системы мониторинга Удобство пользовательского интерфейса
Экономичность	Расходы на внедрение Экономия средств Выгодность использования облачных технологий
Степень риска	Нормативно-правовые вопросы Реагирование провайдера на инциденты Совместимость Восстановление данных и их конфиденциальности
Информационная безопасность	Криптографическая защита данных Аутентификация пользователей Разграничение прав пользователей Антивирусная защита
Организационный	Готовность сотрудников к внедрению новых технологий Уровень подготовки сотрудников Способность сотрудников к обучению Уровень мотивации сотрудников

Эти методы можно разделить на две группы. Одна из групп использует свертку критериев для сведения многокритериальной задачи оптимизации к соответствующей скалярной, другая опирается на непосредственное исследование множества оптимальных решений с

введением некоторых дополнительных критериев выбора. К первой группе относятся методы среднего взвешенного и анализа иерархий, ко второй – методы Парето, последовательных уступок и анализа среды функционирования.

Используемые методы оценки эффективности должны, с одной стороны, позволять производить оценку эффективности как вариантов реализации ИС относительно друг друга, так и отдельных систем, а с другой стороны, быть пригодными для практического использования и понятными для лиц, производящих такую оценку.

Анализ научно-технической литературы, а также опыта работ по созданию ИС различного назначения показывает, что наибольшее применение нашли методы среднего взвешенного и анализа иерархий. Для этих методов характерны простота и возможность работы с большой размерностью данных. Кроме того, они хорошо апробированы. При этом метод анализа иерархий ориентирован на нечеткие оценки, что более просто для экспертов, чем точные количественные оценки. Применение указанных методов достаточно подробно описано в [7-10].

Частные показатели эффективности определяются следующим образом:

– по типовым формулам (например, коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности и др.);

– путем нормирования показателей относительно их максимальных и минимальных значений;

– как отношение реального значения показателя к требуемому либо максимально (минимально) возможному;

– экспертным путем по соответствующей шкале и приводятся к значениям от 0 до 1.

Весовые коэффициенты определяются экспертным путем с использованием математических методов (ранжирования, приписывания баллов, парного сравнения и др.) [14, 15].

Описанный выше методический аппарат позволяет провести количественную оценку. эффективности ИС на различных стадиях их жизненного цикла. При этом для каждой из стадий жизненного цикла ИС характерны отличия в целях оценки эффективности и в составе выбираемого набора показателей эффективности.

2. Основные методы оценки качества ИС

Качество ИС является комплексной характеристикой совокупности технических, технологических, эксплуатационных, экономических и других показателей и требует постоянного совершенствования подходов к ее оценке. Необходимо определить перечень показателей качества, по которым будут оцениваться системы, а также произвести обобщенную

оценку по всем выбранным показателям. Оценка качества ИС производится на всех стадиях их жизненного цикла.

Качество ИС – совокупность свойств системы, обусловливающих возможность ее использования для удовлетворения определенных в соответствии с ее назначением потребностей. Требования к качеству могут быть выражены структурированной системой характеристик (показателей) качества. Такая система показателей называется моделью качества.

Наиболее распространенными моделями качества ИС в настоящее время являются модели МакКола, Боэма, Гилба и созданные на их основе модели, закрепленные нормативными документами – ГОСТ 28195-89, ГОСТ ИСО/МЭК 9126-2008, ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 и ГОСТ РВ 51987-2002.

Модель МакКола классифицирует все требования к программному обеспечению по 11 факторам качества программного обеспечения, которые сгруппированы в три направления – использование, модификация и переносимость. Критерии качества – это числовые уровни факторов, поставленные в качестве целей при разработке. Всего введено 22 критерия качества. Каждый критерий качества зависит от одного или нескольких факторов качества.

Боэм предложил модель, представляющую, по существу, расширение модели МакКола. В ней атрибуты качества подразделяются по способу использования программной системы. Определено 19 промежуточных атрибутов, в которые входят все 11 факторов качества модели МакКола. По сравнению с моделью МакКола в модели Боэма дополнительно введен ряд атрибутов качества.

Модель Гилба соответствует общей концепции предыдущих моделей, но имеет несколько отличий. Помимо атрибутов качества, в модель входят атрибуты ресурсов. Модель основана на четырех качественных (применимость, полезность, приспособляемость, удобство использования) и четырех ресурсных (время, бюджет, исполнители, средства разработки) атрибутах, которые можно расширять.

Необходимо отметить, что модели МакКола, Боэма, Гилба носят концептуальный характер; реальных систем, которые полностью соответствовали бы этим моделям, нет. Вместе с тем, существующие стандарты, разработанные с учетом имеющихся моделей качества, учитывают особенности реальных ИС.

ГОСТ 28195-89 включает в себя общие положения по оценке качества программных средств, описывает процессы планирования уровня качества, а также процессы контроля значений показателей качества в процессе разработки и испытаний. Показатели качества

разбиты на 6 групп и 19 комплексных показателей. Группы определяют пользовательские свойства программных средств, комплексные показатели – программные свойства, от значений которых зависит значение пользовательских свойств.

В ГОСТ ИСО/МЭК 9126-2001 оценка качества программных систем основана на трехуровневом рассмотрении. Уровень цели – то, что пользователь желает видеть в программном обеспечении. Уровень атрибутов – свойства, отражающие приближение к целям. Уровень метрик – количественные характеристики степени наличия атрибутов. В модели выделено 6 целей: функциональность, надежность, практичность или удобство использования, эффективность, сопровождаемость, переносимость или мобильность. Цели подразделяются на атрибуты качества.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 уточняет ряд положений предыдущего стандарта и в целом включает те же характеристики качества программного обеспечения с некоторыми дополнениями.

Подавляющее большинство моделей качества и стандартов посвящены оценке качества только программных средств. В то же время, оценка качества ИС должна охватывать все ее элементы: технические средства; программное обеспечение; другие виды обеспечения, включая организационное; подсистему эксплуатации и др.

Перечень требований и показателей качества ИС в целом содержит лишь один стандарт – ГОСТ РВ 51987-2002 [16]. Стандарт содержит 10 характеристик качества функционирования ИС и 16 основных показателей качества функционирования ИС, для которых задаются конкретные значения. Вместе с тем, по большинству обобщенных показателей качества данный стандарт предлагает всего один-два частных показателей качества, что недостаточно для объективной и всесторонней оценки системы. Кроме того, данный документ разработан около двух десятков лет назад и не в полной мере учитывает особенности современных информационных систем. Целесообразна разработка аналога данного стандарта, содержащего новый расширенный перечень обобщенных и частных показателей качества для современных ИС.

В ряде работ ФИЦ ИУ РАН сделаны попытки доработать единственный стандарт, относящийся к ИС в целом (ГОСТ РВ 51987-2002), в направлении учета особенностей современных ИС [7]. В частности, предложен перечень показателей качества для типовой ИС на основе доработанных и расширенных требований этого стандарта, в котором увеличено число показателей качества, а также введены показатели, учитывающие особенности современных ИС (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества для типовой ИС

Обобщенные показатели	**Частные показатели**
Надежность	Коэффициент готовности Среднее время наработки на отказ Среднее время восстановления Вероятность безотказной работы Вероятность представления/доведения инф.
Своевременность	Среднее время доведения информации Среднее время доступа к данным Среднее время обработки информации Вероятность обработки информации за Тзад. Среднее время выполнения технол. операций
Полнота	Доля информации, представленной в требуемом объеме Доля реализованных решений Полнота контроля Вероятность оперативного отражения объектов и явлений
Достоверность	Вероятность безошибочной обработки Средняя наработка на ошибку Среднее время коррекции информации Коэффициент информационного технического использования
Конфиденциальность	Вероятность сохранения конфиденциальности информации в течение заданного периода Время вскрытия информации Вероятность навязывания ложного сообщения
Защищенность от несанкционированного доступа (НСД)	Вероятность сохранения защищенности от НСД Время успешной попытки НСД Вероятность преодоления механизмов защиты
Организационное обеспечение	Наличие и укомплектованность эксплуатирующих подразделений Профессиональная подготовка персонала Морально-психологический фактор Эргономика

Данный перечень показателей качества ИС может служить основой для разработки стандарта в данной области.

Заключение

На современном этапе создания и совершенствования высокотехнологичных ИС одним из инструментов повышения их технического и технологического уровня является оценка эффективности и качества на всех стадиях жизненного цикла.

Сопоставление показателей эффективности и качества ИС с отечественными и зарубежными системами-аналогами позволяет понять их сильные и слабые стороны и принять соответствующие меры по повышению технического уровня.

В докладе рассмотрены основные подходы к оценке эффективности и качества ИС. Предложены:

– перечни показателей эффективности и качества для конкретных ИС;

– направления развития и совершенствования существующей нормативной базы в области требований и показателей эффективности и качества ИС.

Список литературы

1. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1992-01-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 14 с.

2. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1979-01-07. – М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с.

3. Уткин, В. Ф. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 томах. Т.3. Эффективность технических систем / В. Ф. Уткин, Ю. В. Крючков. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

4. Соломонов, Ю. С. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность / Ю. С. Соломонов, Ф. К. Шахтарин. – М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.

5. ГОСТ 24.702-85. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения [Текст]. – Введ. 1987-01-01. – М.: Стандартинформ, 2003. – 6 с.

6. Кузовкова, Т. А. Экономика отрасли инфокоммуникаций. Учебное пособие для вузов / Т. А. Кузовкова, Е. Е. Володина, Е. Г. Кухаренко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 190 с.

7. Зацаринный, А. А. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / А. А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2020. – 120 с.

8. Зацаринный, А. А. Некоторые аспекты оценки эффективности облачных технологий / А.А. Зацаринный, Ю.С. Ионенков, А.П. Сучков // Системы и средства информатики. – 2018. – № 3. – С.104-117.

9. Зацаринный, А. А. К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий / А.А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков // Системы и средства информатики. – 2015. – № 3. – С. 162–179.

10. Зацаринный, А. А. К вопросу о сравнительной оценке эффективности ситуационных центров / А.А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков, А.П. Шабанов // Системы и средства информатики. – 2013. – № 2. – С. 155–171.

11. Окунев, Ю. Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю. Б. Окунев, В. Г. Плотников. – М.: Связь, 1976. – 183 с.

12. Подиновский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 256 с.

13. Подиновский, В. В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В. В. Подиновский, В. М. Гаврилов – М.: «Сов. радио», 1975. – 192 с.

14. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

15. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 392 с.

16. ГОСТ РВ 51987-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Требования и показатели качества функционирования информационных систем [Текст]. – Введ. 2003-01-01. – М.: Стандартинформ, 2003. – 52 с.

Концептуальные подходы к обеспечению межведомственного информационного взаимодействия

А. А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru
А. П. Сучков, email: ASuchkov@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *Статья посвящена актуальным вопросам обеспечения межведомственного информационного взаимодействия в условиях цифровой трансформации. Представлены общие подходы к обеспечению межведомственного информационного взаимодействия. Дан краткий анализ отечественного и зарубежного опыта на примере ряда информационных систем. Сформулированы основные системотехнические принципы обеспечения межведомственного информационного взаимодействия путем интеграции информационных ресурсов различных ведомств. на основе единых организационно-технических подходов и единой информационной модели государственных данных.*

Ключевые слова: *цифровая трансформация, информационное взаимодействие, единая модель данных, онтология, архитектурные решения.*

Введение

Анализ процессов развития мировой экономики показывает, что общей чертой передового опыта является наличие комплексной долгосрочной государственной стратегии в сфере цифровой трансформации. Наибольший горизонт стратегического планирования в Китае: до 2050 года. В этой связи, следует отметить очень важные нормативные документы, принятые руководством нашей страны, которые определяют основы государственной политики в сфере стратегического планирования [1] и стратегические направления в области цифровой трансформации государственного управления в Российской Федерации [2].

Глобальная цифровая трансформация кардинально влияет на структурные изменения в развитии экономики. На смену классической «вертикальной» структуре управления экономикой, в которой доминируют крупные промышленные корпорации с традиционной иерархической структурой, постепенно приходит новая,

© Зацаринный А. А., Сучков А. П., 2022

«горизонтальная», структура так называемой «сетевой экономики». Эта тенденция объективно стимулирует, с одной стороны, развитие широкого спектра новых цифровых технологий, а с другой, – ускоряет процессы их внедрения во все сферы деятельности общества и человека, прежде всего в управление государством [3,4].

За последние два года в России наметились интенсивные процессы цифровой трансформации, направленные как на продвижение отдельных технологий, так и разработку системных решений, в частности создание глобальной облачной инфраструктуры. Ключевыми проблемами, препятствующими эффективному продвижению этих процессов, являются отсутствие системного подхода к стратегическому целеполаганию при планировании программы работ по цифровой трансформации общества, недостаточная востребованность результатов научных исследований ведущих научных организаций и кризис института руководителей, способных принимать эффективные и компетентные решения в условиях современных вызовов в рамках цифровой трансформации общества [4,5].

Эффективное межведомственное информационное взаимодействие – основная проблема цифровой трансформации

Особую значимость в становлении сетевой экономики приобретает эффективность «горизонтального» информационного взаимодействия как уровне субъектов одного ведомства, так и, что наиболее важно, на межведомственном уровне. Без интеграции информационных ресурсов различных ведомств на основе единых организационно-технических подходов и единой информационной модели государственных данных невозможно обеспечить эффективное решение задач, поставленных в рамках цифровой трансформации. При этом крайне актуальными становятся научные исследования проблемных вопросов организации межведомственного информационного взаимодействия на основе интеграции распределенных систем ситуационного управления [3,4].

Для повышения эффективности применения результатов научных исследований в конкретных проектах в рамках цифровой трансформации необходимо повысить заинтересованность крупных промышленных предприятий и бизнес-структур в использовании и внедрении современных научных результатов, развивать исследовательскую инфраструктуру для научных исследований, стимулировать публикационную и патентную активность российских ученых, в том числе в российских изданиях, а также принять радикальные меры по поддержанию молодых ученых.

Актуальной является задача разработки методологии применения ситуационного анализа как метода оценки явлений и связанных с ним

информационных технологий в процессах стратегического планировании и целеполагания.

Систему целей предлагается формировать как многоуровневую иерархию, содержащую взаимосвязанную совокупность фиксированных и динамических целей, обладающих атрибутами, обеспечивающими реализацию указанных принципов. Формирование системы целей определяет состав, структуру и содержание объектов мониторинга системы управления и формирует её внутренние и внешние информационные потоки [5].

Важной задачей является анализ и обоснование структуры, состава и ресурсов информационных потоков, необходимых для эффективного функционирования распределенных систем ситуационного управления, в виде баз данных и хранилищ информации. К ним относятся информационные потоки от внешних автоматизированных информационных систем в органах исполнительной власти РФ (ведомственные источники данных), от источников неструктурированной и слабо структурированной текстовой информации (обзоры аналитических служб и информационных агентств, средств массовой информации, информации сети Интернет и др.), от источников фото-, видео-, аудиоинформации, технических средств наблюдения, от источников структурированной информации. Важнейшими источниками информации для обеспечения научно-экспертной деятельности в рамках научного сопровождения РАН государственных программ и проектов, являются отечественные и зарубежные БД научно-технической информации. Анализ и обоснование структуры, состава и ресурсов информационных потоков, необходимых для эффективного функционирования распределенных систем ситуационного управления может являться основой для изучения совместимости информационных ресурсов, опирающихся на разнообразные информационные модели данных [4].

Анализ отечественного и зарубежного опыта

Проведен аналитический обзор наиболее известных системотехнических подходов и решений по организации систем межведомственного информационного взаимодействия (МВИВ) крупных государственных отечественных и зарубежных систем. Показано, что накопленный опыт характеризуется спектром самых разнообразных организационных, технологических и технических решений, обусловленных спецификой нормативно-правовой базы, количеством и масштабностью взаимодействующих систем, степенью реализации, а также поставленными целями [4]. При этом МВИВ охватывает прежде всего процессы соотнесения и взаимосопряжения

информационных моделей взаимодействующих систем, совокупность технологий сопряжения и унификации информационных моделей, организационную систему поддержания системы МВИВ в актуальном состоянии.

Рассмотрены отечественные системы – система распределенных ситуационных центров (СРСЦ), система межведомственного электронного документооборота (МЭДО), система межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ), национальная система управления данными (НСУД), центры управления регионом (ЦУР), АПК «Безопасный город» [4].

Из зарубежных систем рассмотрен опыт интеграции усилий правоохранительных сообществ США и Европы по созданию Глобальной XML модели данных правоохранительной сферы на базе web-технологий (GJXDM), которая получила развитие в NIEM (National Information Exchange Model [6]) – Национальная информационная XML модель обмена данными в государственных органах США.

Рассмотрены также особенности европейской Стратегии в области данных, принятой Еврокомиссией в феврале 2020 года в интересах реализации цифровой трансформации Европы на единых подходах. Показано, что реализация стратегии базируется на четырех основополагающих элементах:

– межотраслевая система управления оценкой и использованием данных;

– инвестиции в инфраструктуру и сервисы для хранения, обработки и интероперабельности;

– расширение возможностей людей, инвестиции в развитие навыков, средних и малых предприятий СМП;

– создание доменов данных в стратегических отраслях и областях общественного интереса.

Таким образом, накоплен большой опыт разработки систем МВИВ для организации взаимодействия многочисленных АИС различного назначения и разнообразного наполнения, позволяющих решать основные задачи по предоставлению государственных услуг и исполнения государственных функций. Основной проблемой процесса интеграции АИС является несовместимость информационных моделей данных. Это приводит к неоправданным затратам на создание и постоянную модернизацию различных адаптеров, конверторов и сервисов для информационного взаимодействия по принципу «каждый с каждым».

Предлагаемые подходы к обеспечению межведомственного информационного взаимодействия.

На основе анализа лучшего отечественного и зарубежного опыта обоснованы общие принципы организации обмена данными на национальном уровне. Основной из них – принцип единой информационной модели данных в государственном масштабе (ЕМГД). В связи с этим, обоснованы основные характеристики ЕМГД (формирование в виде онтологии, многодоменность, функциональная ориентированность, независимость от поставщиков, операционных систем, носителей информации и приложений). Единая модель данных должна иметь доменную структуру, отражающую все разделы предметной области МВИВ. При создании и ведении ЕМГД целесообразно использовать облачные технологии с целью создания унифицированных мультисервисных систем ситуационного управления, основанных на единых подходах к формированию информационных моделей.

Формирование ЕМГД должно учитывать основные уязвимости при создании больших интегрированных систем ситуационного управления – отсутствие единой политики проектирования и разработки систем управления в части информационной совместимости, оперирование большими объемами неструктурированных данных, недостаточным охватом современными средствами защищенной связи территории страны [7].

Показано, что организационно центральный орган ведения и поддержания ЕМД должен быть государственным и вневедомственным со статусом государственной информационной системы (ГИС) в защищенном исполнении. ЕМД должна стать обязательной основой для государственных органов при создании новых и модернизации существующих информационных ресурсов.

Сформулирован ряд архитектурных решений по созданию системы МВИВ, которые заключаются в следующем:

– бесшовное автоматическое информационное взаимодействие АИС, содержащих государственные и другие данные, необходимые для осуществления государственных функций и услуг, реализуется на основе интероперабельности, т.е. это способности систем, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими системами в автоматическом режиме (без вмешательства оператора);

– автоматизированное формирование единой информационной модели государственных данных (ЕМГД), основанных на семантическом анализе корпуса интегрируемых данных, как структурированных, так и

неструктурированных (на естественном языке), осуществляется на основе применении методов инженерии онтологий;

– основными характеристиками предлагаемой информационной модели являются сетевая организация данных о динамических объектах и связях между ними, объектно-ориентированный подход к описанию иерархии классов и наследования свойств объектов (транзитивность связей «is-a», «has-a», «part-of»), наличие компонент для идентификации и регистрации сложных объектов предметной области, наличие в модели актуального информационно-лингвистического обеспечения, специальная организация данных для осуществления дискретных методов анализа;

– обеспечение максимально полного охвата потребностей обмена данными и документами на всех уровнях государственного управления.

Показано, что технологической основой решения задачи повышения эффективности информационной поддержки процессов принятия стратегических решений федеральными органами исполнительной власти, определенной в Стратегии национальной безопасности (утверждена Президентом РФ 31.12.2015), должна стать система распределенных ситуационных центров (СРСЦ) [8,9].

Советом конструкторов на базе ИПИ РАН (ФИЦ ИУ РАН) под руководством Главного конструктора академика И.А. Соколова с участием Межведомственной комиссии (МВК) и Управления информационных систем (УИС) ФСО России создан значительный научно-технический и методический задел по разработке СРСЦ и её системообразующих компонентов, включая системотехнические решения по обеспечению межведомственного информационного взаимодействия и информационной безопасности [4,8]. Этот задел может быть использован в работах по обеспечению информационного взаимодействия информационных систем специального назначения в составе СРСЦ. Значительный научно-практический задел накоплен в рамках работ по созданию регионального ситуационного центра Республики Татарстан как компонента СРСЦ [10].

С учетом актуальности и масштабности задачи повышения эффективности информационной поддержки процессов принятия стратегических решений федеральными органами исполнительной власти, а также межведомственного информационного взаимодействия для её решения представляется целесообразным задать самостоятельный проект по созданию СРСЦ в рамках федерального проекта «Государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Заключение

Таким образом, в статье показано, что:

– межведомственное информационное взаимодействие является одной из ключевых проблем современной цифровой трансформации;

– для кардинального решения этой проблемы необходимы организационные и нормативные решения на федеральном уровне, подкрепленные комплексом обоснованных системотехнических решений;

– системотехнические решения должны разрабатываться с учетом как зарубежного, так и отечественного опыта;

– в основу таких решений должны быть положены принципы системного подхода, включая единую систему целевых показателей, единую модель государственных данных, единое информационное ядро;

– технологической основой системы межведомственного информационного взаимодействия должна стать система распределенных ситуационных центров.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 8 ноября 2021 г. №633 «Об основах государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации».

2. Распоряжение Правительства РФ от 22 октября 2021 г. N 2998-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации государственного управления».

3. Информационное пространство цифровой экономики: концептуальные основы и проблемы формирования / А.А.Зацаринный [и др.] – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 236 с.

4. Зацаринный, А. А. Информационное взаимодействие в распределённых системах ситуационного управления / А. А. Зацаринный, А. П. Сучков – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2021 – 256 с.

5. Зацаринный, А. А. Методологические аспекты стратегического целеполагания в условиях цифровой трансформации России / А.А.Зацаринный // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD : доклад на Двенадцатой международной конференции (Москва 1-3 октября 2019).

6. National Information Exchange Model [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа : https://www.niem.gov/

7. Сучков, А. П. Классификация уязвимостей интегрированных систем управления на ранних стадиях жизненного цикла / А.П. Сучков // Системы и средства информатики. – 2017. – т. 27, № 4. – С. 132-143

8. Ситуационные центры развития в полисубъектной среде / А.А. Зацаринный [и др.] // Проблемы управления. – 2017. – № 5. – С.31-42.

9. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития / Под ред. В.Е. Лепского и А.Н. Райкова // – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.

10. Международный форум «KAZAN DIGITAL WEEK – 2021» [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа : https://kazandigitalweek.com/

Разработка автоматизированной цепочки обработки документов сбыта в SAP R/3

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com
И. И. Антоненко, email: antonenkoii@com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе исследуются способы автоматизации выполнения ABAP и UNIX программ в SAP R/3. Рассмотрены методы реализации автоматизации выполнения фоновых обработок в SAP, разработана собственная цепочка обработки документов сбыта.*

Ключевые слова: *автоматизация процессов SAP, ERP-системы, ABAP, UC4 AUTOMIC*

Введение

ERP – стратегия интеграции всех бизнес-процессов в единую систему, ориентированная на непрерывную оптимизацию ресурсов с помощью применения интегрированного пакета программного обеспечения для реализации общих моделей данных и процессов для всех сфер деятельности.

Усложнение процессов управления предприятием неминуемо требует использования ERP в бизнесе. Если в малом предприятии руководитель может осуществлять управление бизнес-процессами непосредственным участием, то по мере роста компании информационные потоки требуют большого административного ресурса для анализа. Для средних и крупных организаций ERP-системы становятся незаменимыми.

Рынок ERP-систем постоянно развивается несмотря на то, что многие поставщики работают на нем уже десятки лет. Например, согласно данным аналитиков американской компании Garter, специализирующейся на исследованиях рынка информационных технологий, за 2020 год объем мирового рынка программного обеспечения увеличился на 10% и достиг 35 млрд. долларов. Крупнейшими производителями являются SAP и Oracle.

Российский рынок ERP-систем соответствует мировым тенденциям. За 2019 год его объем вырос на 30%, а в 2020-ом году составил более 819 млн. долларов. В 2021 году динамика развития рынка ERP-систем в России стала более умеренной и рынок вырос на 9,13% по сравнению с 2018 годом и составил 56,76 млрд. руб. Согласно статистике наиболее

© Илларионов И. В., Антоненко И. И., 2022

распространенными системами в России являются решения 1С, Microsoft, SAP и Галактика.

Поскольку целью любого бизнеса является получение прибыли то для увеличения конкурентоспособности и прибыльности необходимо организовать четкое управление сбытом продукции. Увеличить объемы продаж, сократить сроки выполнения заказов и улучшить взаимодействие с клиентами позволяет специальное решение «Сбыт» от компании SAP. Вместе с тем бизнес-процесс продаж SAP переусложнен и включает в себя много взаимосвязанных и взаимозависимых компонент:

- выставление счетов;
- обработка платежей;
- управление заказами на поставку;
- проверка доступности;
- управление исходящими поставками;
- управление транспортировками;
- учет балансовых единиц;
- выдача товаров.

Вследствие этого любое внедрение автоматизации отдельных процедур позволяет экономить ресурсы.

В работе рассмотрена разработка автоматизированной цепочки обработки документов сбыта в SAP R/3.

1. Анализ реализации задачи в SAP

Как любая ERP система, SAP интегрирует все бизнес-процессы предприятия в единую систему для управления внутренними и внешними ресурсами.

Система SAP обычно содержит:

- уровень баз данных, где происходит хранение;
- уровень приложений, реализованный на ABAP или JAVA, где происходит обработка. На этом уровне происходит также соединение с внешними системами;
- уровень представления, представленный терминалами, через которые пользователи осуществляют работу (сейчас в основном представлены интернет-браузерами).

Для пользователей наибольшее значение имеет уровень представления, который в большинстве своем представлен графическим пользовательским интерфейсом SAP GUI – процессом на уровне операционной системы клиента. Интерфейс принимает ввод пользователя и передает эту информацию на уровень приложений, где этот запрос обрабатывается. Это работает и в обратную сторону. SAP GUI получает данные с уровня приложений и отображает их пользователю.

После получения запроса пользователя происходят операции, обработки и вычисления на уровне сервера приложений, представляющего собой центр управления системой. Во время установки системы настраивается число и типы инстанций – группы процессов, использующих общую область памяти и обращающейся к одной базе данных.

Необходимые сведения для обработки сервер приложений запрашивает с уровня базы данных, где используется система управления реляционной базой данных, через интерфейс SQL. Обычно база данных одна, но встречаются и реализации параллельных баз.

Каждая установленная система SAP содержит все ресурсы, необходимые для выполнения всех стандартных функций SAP R/3. Но для работы в рамках реального предприятия создаются несколько отдельных систем для каждой среды: разработка, тестирование и производственная система. Ландшафт этих систем, а также взаимодействие, представлено на рис. 1.

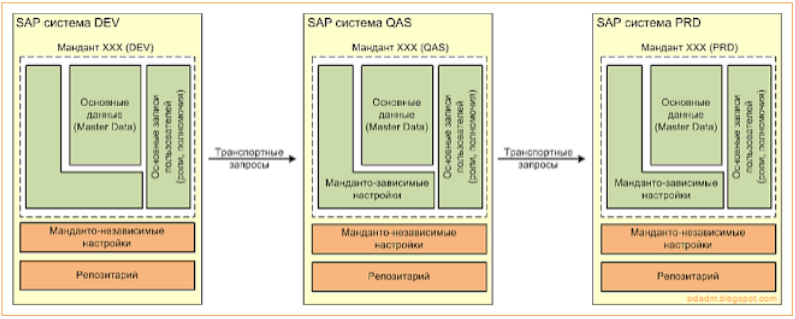


Рис. 1. Ландшафт SAP систем

Система разработки (DEV) используется для разработки и дальнейшей доработки специфических настроек для конкретного клиента. Система обеспечения качества (QAS) применяется для дальнейшего тестирования разработанного функционала и обучения. Производственная система (PRD) же используется для непосредственной работы пользователей. В нее поступают только проверенные модификации из системы тестирования. В самой же производственной системе не производятся никакие изменения.

Изменения в системах переносятся через транспортные запросы, управляемые системой управления переносами. Запрос на перенос представляет собой несколько файлов, содержащий программы и настройки.

2. Процессы в системе

Процессы в системе SAP выполняются на уровне приложений и различаются по выполняемым задачам.

- служба диалога;
- служба фоновой обработки;
- служба обновления;
- служба спула;
- служба блокировок.

Служба диалога реализовывает запросы активных сеансов пользователей.

Процесс фоновой обработки реализовывает задачи, которые должны выполняться в фоновом режиме. Это операции не требующие постоянного диалога с пользователем для ввода и обработки данных. Выполнение фоновых задач планируется на конкретное время или по созданному событию.

Служба обновления вносит асинхронные изменения в базу данных без участия пользователя.

Служба спула (spool) отвечает за получение запросов вывода и временное хранение данных в объектах TemSe до их фактического вывода. Хранение может осуществляться как в базе данных, так и в файловой системе.

Служба блокировок занимает особое место. Для нее достаточно обычно одного процесса, настроенного на центральной инстанции. Он получает запрос на блокировку фонового или диалогового процесса для, например, исключения изменения данных в одной транзакции разными пользователями. Проверяет существующие записи блокировки в таблице блокировок и при отсутствии наложений устанавливает новую.

Все операции, не требующие постоянного ввода данных пользователем, могут быть исполнены в фоновом режиме. В основном здесь идет речь выполнении обработок больших массивов данных и периодически повторяющихся задач. В SAP R/3 для этого служат фоновые процессы. Выделяют два режима работы системы: дневной и ночной. Для дневного режима, когда работает много пользователей, конфигурируют больше диалоговых режимов. А для ночного выделяют большее количество фоновых процессов.

Фоновые задания планируются в SAP R/3 с помощью транзакции SM36.

Далее выполняется настройка условий запуска в режимах: немедленное выполнение, привязка ко времени и привязка к событию. Планировщик является ABAP программой, автоматически собираемой при запуске системы, которая проверяет наличие ожидающих фоновых

заданий для обработки, хранящихся в центральных таблице базы данных. Выполнение фоновой программы можно назначить на определенное время, а можно привязать ее выполнение к завершению другого процесса или срабатыванию события.

Заключающим шагом является выстраивание логической структуры планируемой обработки, включающей программы ABAP, внешние программы на уровне операционной системы и внешние команды на уровне операционной системы.

Однако, описанный механизм планирования имеет ряд недостатков, существенных для решения поставленной задачи:

– отсутствует удобный календарь запусков, что не позволяет привязать обработку к последнему календарному дню, так как в SAP присутствует привязка к рабочим дням. К тому же, в месяце различное количество дней– 30,31 и 28, что осложняет настройку;

– выполнение UNIX команд возможно, но затруднено, особенно при построения передачи данных на сторонний сервер;

– невозможно обслуживать части цепочки. Если один из шагов обрушится, то цепочка просто перейдет к следующему шагу;

– низкая гибкость работы.

3. Применение стороннего средства реализации обработки

Как ранее отмечалось, в SAP R/3 представлен интерфейс API для планирования выполнения заданий из сторонних программ. Поэтому планировать разрабатываемую цепочку было решено с помощью UC4. Инструмент способен обеспечить подключения к любым приложениям, операционным системам и базам данных для эффективной интеграции бизнес-процессов предприятия. Он предоставляет много функций, таких как обнаружение и исправление сбоев, аудит, прогнозирование и многое другое. В UC4 присутствует инструмент балансировки нагрузки, снижающий время простоя системы вплоть до нуля. Применение UC4 позволяет легко автоматизировать задачи повседневной работы, помогая снизить количество человеческих ошибок и эксплуатационные расходы.

Платформа UC4 может использоваться для автоматизации процессов во всех средах информационной системы. Это становится возможным благодаря определению в рамках одной инфраструктуры UC4 нескольких логических сред что снижает затраты на установку и владение инфраструктурой автоматизации. Механизм автоматизации UC4 взаимодействует с целевой машиной через протокол TCP/IP.

Для выстраивания логических структур предусмотрен следующий ряд объектов:

– Джоб (Job). Базовый элемент структуры и представляет собой шаг разрабатываемой цепочки.

– Цепочка работ (Workflow). После создания джоба, настраивают порядок их выполнения в цепочку. Цепочка обязательно содержит блок START и END, между которыми выстраивают джобы;

– События. После создания потока работ, его выполнение нужно привязать к какому-то событию. Он может быть как логическим (например, проверка на наличие файла в директории), так и привязанным ко времени (выполняться статично в одно и то же или циклично через указанный промежуток времени);

– Скрипты. Используются для вызова со стороны SAP объектов, находящихся на стороне UC4;

– Расписание (Schedule). При планировании ежедневных цепочек выстраивается большая структура. Также на одном манданте UC4 могут выполняться цепочки для нескольких временных зон.

– Календарь. Особый объект UC4, в котором можно создавать события на даты, к которым привязывать выполнение цепочек;

4. Разработка автоматизированной цепочки

Имеем следующие исходные данные: UC4 агент системы Q51, связанный с агентом SAP. UC4 агент работает весь день, имея настроенное время перезапуска. Все данные для старта агента хранятся в .ini файле. Старт агента и все действия на нем фиксируются в отчете выполнения. Агент UC4 связывается с агентом SAP по протоколу TCP/IP и далее может на нем запускать программы через пользователя “UNICONTROL”. После того, как настройки получены, в этом же отчете фиксируются все джобы, выполненные на этом агенте. Процесс запуска UC4 агент для хоста UNIX аналогичен агенту SAP.

Рассмотрим запрос в сервисе UC4MS от SAP SD консультанта, которому требуется просит создать цепочку, с заданными параметрами:

– сначала происходит проверка наличия файла по маске в директории smsdata/Q51/interface/SD11

– выполняются ABAP программы /SIE/OCG_ZSD_VB30 с вариантом Z_LOCKBOX_U10 под пользователем BATCH_UC4_CA2 и вызовом печати у принтера DRUCKER_Q51_002

– выполняются ABAP программы /SIE/OCG_ZPROC_01 с вариантом Z_M_LBX_1 под пользователем BATCH_UC4_CA2

– выполняются ABAP программы /SIE/OCG_ZBCA016 с вариантом Z_LOCBOX_U10

– предется файла на сервер SNSL03.SHS.AD005.NET

– искомый файла передается в директорию smsdata/Q51/interface/SD11/SICHER и удаляются файлы старше 90 дней

Итого, необходимо разработать цепочку из пяти шагов. Первый и последний выполняются на UNIX сервере, остальные вызовом программ

со стороны SAP. Для этого создаются 5 объектов типа «Job», объединяемые в созданном объекте типа «Workflow», что показано на рис. 2.

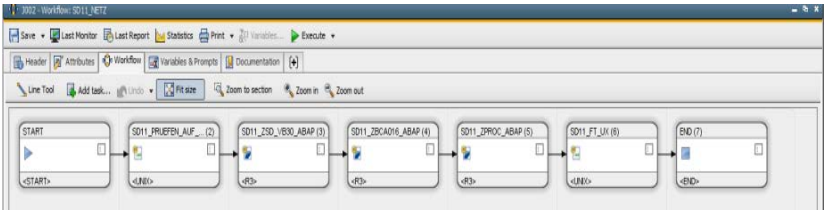


Рис. 2. Созданные объекты цепочки

Первым шагом в цепочке является UNIX джоб «SD11_PRUEFEN_AUF_EXIST». В программной части используется только команда cd для перехода по директории, pwd для отображения открытого пути и ls с флагом –al для отображения всех файлов списком с правами доступа, включая скрытые. Далее настраивается блокировка шага, при возникновении любой ошибки (например файл в директории отсутствует). Для этого в следующем блоке «SD11_ZSD_VB30_ABAP» настраивается блокировка предыдущего.

После конфигурации всех этапов, необходимо настроить условие запуска цепочки. Обычно, его устанавливает владелец процесса (может являться как консультантом, так и лицом со стороны поддерживаемого проекта). Если в запросе на создание отсутствуют ограничения по времени, можно планировать выполнение на время минимальной загрузки системы. Отслеживание загрузки системы со стороны UC4 также позволяет это сделать. Для этого во вкладке “System Overview”, где хранится вся метаинформация о системе (информация об агентах систем SAP и UC4, пользователях, очередях) предусмотрен инструмент “Usage”. В нем представляется статистика по часам загрузки системы в виде таблицы и графика. На рис. 3 показана система с малой загрузкой, но в продуктивных системах этот вопрос очень важен для минимизации задержек системы в целом. Если будет отдано много ресурсов системы для фоновых процессов, то останется мало ресурсов для, например, диалоговых. И в системе смогут работать одновременно ограниченное количество сотрудников, что критично для бизнеса.

Также планировать загрузку системы помогает инструмент прогноза работы цепочек – «Forecast». После нескольких срабатываний цепочки система оценивает среднее активное время цепочки на основе предыдущих. Также этот инструмент помогает оценить работу больших

запланированных на каждый день дневных цепочек – тагеснетцев. Эти данные полезны для общей оценки работы системы.

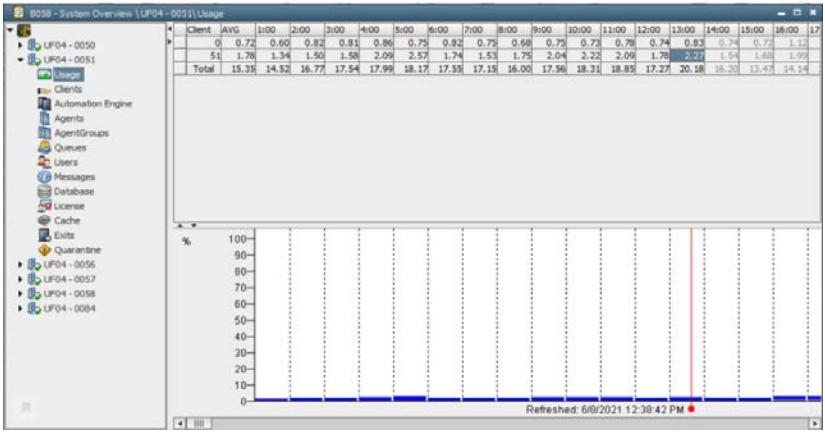


Рис. 3. Таблица загрузки системы

Далее остается настроить выполнение в последний день месяца. Для этого в календаре «MED.R3.KALENDER» создается новое событие «MONL_LEZTER_KALTAG», активирующее созданную цепочку в последний день месяца. Общий вид календаря UC4 и созданных для него событий представлен на рис. 4.

Теперь это событие должно быть присвоено в свойствах цепочки вкладки календаря выполнения. Таким образом, цепочка настроена для выполнения и ожидает наступления условия запуска.

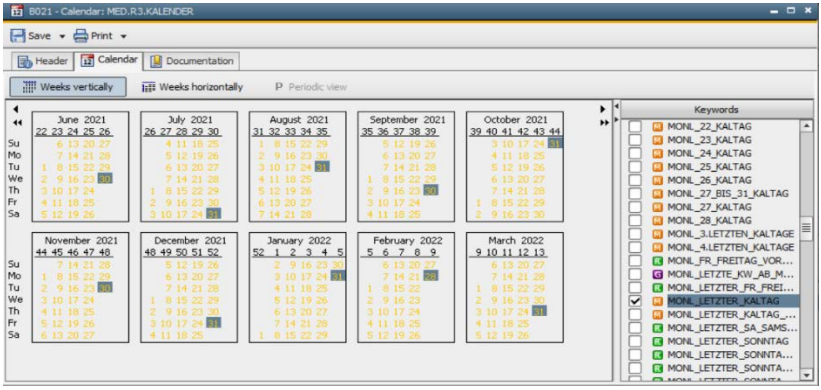


Рис. 4. Календарь событий в UC4

5. Обслуживание созданной цепочки

После создания и успешного запуска цепочки ее необходимо правильно обслуживать. В первую очередь это означает устранять ошибки, возникающие во время выполнения. Любой пользователь SAP, имеющий доступ к транзакции SM37, может посмотреть статус фоновой обработки и отчет по ней. Если возникла ошибка выполнения и консультант имеет доступ к транзакции SM36, он может совершить и повторный запуск после проверки данных, но если этот фоновый процесс запланирован в инструменте UC4, то перезапуск возможен только в этом инструменте, а не с помощью SAP. Поэтому важно иметь четкие инструкции взаимодействия сторон поддержки.

При возникновении ошибки, сотрудник, поддерживающий систему со стороны UC4 должен провести анализ проблемы, выявить, является ли фоновая обработка критичной для установления приоритета работы над решением. При запросе на создание шагов цепочки, обычно указывается, как следует поступать при ошибках. Это может быть проведение повторного запуска без уведомления, проведение повторного запуска с уведомлением (используется, если ответственным за обработку важно знать, во сколько точно были обработаны данные), не выполнение повторного запуска и уведомление ответственных лиц.

Сотрудник поддержки UC4 отправляет письмо коллеге со стороны поддержки SAP. Он в свою очередь проводит анализ случившегося и согласовывает действия по решению с владельцем обработки. Если поддержку SAP оказывает аутсорсинговая организация, то ее сотрудники часто не являются ответственными за саму обработку и должны советоваться с этими лицами. После согласования сотрудник поддержки SAP отправляет указание коллеге со стороны UC4: провести повторный запуск или пропустить заблокированный шаг, указав при этом, должны ли быть выполненными оставшиеся шаги цепочки. Если проведение повторного запуска прошло неудачно, процесс возвращается к этапу информирования сотрудника поддержки SAP.

6. Полученные результаты

В итоге, до настоящего момента было совершено тринадцать тестовых запусков и один плановый. После внедрения цепочки нагрузка системы практически не изменилась. По сравнению с таблицей до внедрения, средняя загрузка выросла на 0,08%, что является хорошим результатом.

Заключение

В работе были рассмотрены общие принципы системы SAP, виды процессов и способы их автоматизации; проведен анализ разных

способов реализации; разработана автоматизированная цепочка обработки и описаны бизнес-процессы для ее поддержки.

Проведенные исследования и результаты работы были рассмотрены компанией «Атос Айти Солюшенс Энд Сервисез» и нашли свое отражение в успешном внедрении в одном из проектов компании.

Список литературы

1. Хагеман, С. SAP R/3. Системное администрирование / С. Хагеман. – М. : Лори, 2014. – 460 с.

2. Таненбаум, Э. Операционные системы. Разработка и реализация: пер. с англ. / Э. Таненбаум, А. Вудхалл . – 3-е изд. – СПб. [и др.]: Питер, 2018 .– 702 с.

3. Репин, В. В. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN / В. В. Репин, 2018. – 84 с.

4. Планирование в UC4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://misinfrablog.wordpress.com/2016/03/03/uc4-automic-job-scheduling/

5. Дополнительная документация UC4: New User Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itssc.rpi.edu/hc/en-us/articles/360011900831-Automic-UC4-Appworx-New-User-Documentation

6. Lehnert, V. SAP-Berechtigungswesen: Konzeption und Realisierung / V. Lehnert. – 3. Auflage. – Bonn: Rheinwerk, 2016. – 847 S.

Автоматизация процесса проведения технического аудита закупаемых материально-технических ресурсов в SAP ERP

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com
В. А. Васильев, email: vasylievva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрена задача проведения аудита материально-технических ресурсов предприятия, предложена и реализована схема автоматизации процесса, снижающая риск закупки у поставщиков, не прошедших технический аудит, обеспечивающая снижение трудозатрат сотрудника в части проведения процедур.*

Ключевые слова: *SAP ERP, материально-технические ресурсы, техничекий аудит.*

Введение

В настоящее время актуальность внедрения ERP-систем на предприятии возрастает в связи с постоянным развитием информационных систем. В Российской Федерации сложилась непростая ситуация, когда разного рода организации, в плане обеспечения информационными технологиями (ИТ), зависят от западных разработчиков.

Количество компаний, занимающихся внедрением ERP – систем увеличивается, и количество предприятий, получивших положительный эффект от работы ERP возрастает. Отличным показателем развития данной отрасли рынка служит рост организаций, поставляющих ERP системы и компаний, занимающимися их внедрениям. Развитие рынка ERP-систем будет продолжатся как минимум 20 лет. С каждым годом всё больше компаний делают свой выбор в пользу корпоративных информационных систем, т.к. становится очевидным, что без систем такого рода предприятие не может считаться конкурентоспособным в век информационных технологий.

На данный момент ведущей ERP системой является SAP ERP – наиболее известный модуль SAP, предназначенный для масштабного бизнеса и крупных промышленных комплексов. Основное назначение системы – обеспечивать непрерывную, взаимосвязанную автоматизацию всех блоков, функциональных областей и подразделений компании.

Проблема, возникающая при принятии решения об автоматизации процесса проведения технического аудита (ТА) закупаемых материально-

© Илларионов И. В., Васильев В. А., 2022

технических ресурсов (МТР) заключается в отсутствии необходимой функциональной составляющей в системе SAP ERP.

1. ERP системы

ERP-система (англ. Enterprise Resource Planning System – Система планирования ресурсов предприятия) – это корпоративная информационная система (КИС), предназначенная для автоматизации учёта и управления. Как правило, ERP-системы строятся по модульному принципу и в той или иной степени охватывают все ключевые процессы деятельности компании.

Системами уровня ERP называют пакеты программ, обеспечивающие функциональность, обычно реализуемая двумя или более системами. Формально, программный пакет, включающий одновременно и, расчет заработной платы и ведение учета (например, QuickBooks), считается системой класса ERP.

Чаще этот термин обозначает более крупные и универсальные программы. Внедрение ERP-системы, чтобы заменить два или более независимых приложения, устраняет необходимость во внешних интерфейсах между системами и дает дополнительные преимущества: от стандартизации бизнес-процессов и более дешевого обслуживания до упрощения и улучшения отчетности, поскольку все данные хранятся в единой базе данных.

В соответствии со словарем APICS (American Production and Inventory Control Society) термин ERP система (Enterprise Resource Planning – Управление ресурсами предприятия) может употребляться в двух значениях.

Во-первых, это – информационная система для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, необходимая для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов.

Во-вторых, это – методология эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства и оказания услуг.

Таким образом, термин ERP может означать не только информационную систему, но и соответствующую методологию управления, реализуемую и поддерживаемую этой информационной системой.

2. Характеристика SAP ERP. Модули системы

С точки зрения автоматизируемых бизнес-процессов компоненты SAP ERP можно классифицировать на несколько функциональных разделов:

– Финансы и бухгалтерия
– Контроллинг
– Логистика
– Управление персоналом
– Базис
– Отраслевые решения

Дополнительные инструменты, при помощи которых автоматизируется бизнес

В свою очередь, функционал вышеперечисленных разделов реализуется модулями системы, при этом отношение какого-либо модуля к определенному разделу носит весьма условный характер, так как модули зачастую глубоко интегрированы и часто одновременно реализуют различные функции.

Состав модулей системы:

Раздел «Финансы и бухгалтерия»

– FI – Финансы. Данный модуль реализует бухгалтерский учет предприятия. Он включает в себя: Главную книгу, Бухгалтерию дебиторов, Бухгалтерию кредиторов.

– FI-AA – Учет основных средств. Модуль глубоко интегрирован в FI, а также сращивается с модулем PS «Система проектов», что дает возможность построения мощного решения по управлению капитальным строительством.

– FI-FM – Финансовый менеджмент (бюджет, управление финансами и т. д).

– FSCM – Управление цепочкой создания стоимости.

– IM – Управление инвестициями.

– RE – Управление недвижимым имуществом. Позволяет управлять имуществом, от реестра, до ведения договоров аренды и т.д.

– FI-BL – Банки. Модуль для работы с банками.

Раздел – «Контроллинг»

Сам модуль CO – контроллинг. Самый гибкий из всех модулей системы. Необходим для планирования и управления экономикой предприятия. Глубоко интегрирован практически во все модули системы.

PS – система проектов. Предназначен для управления проектами, в системе он чаще всего используется для управления капитальным строительством или для управления уникальным производством.

PP – планирование производства. Предназначен для управления производственным процессом. Модуль имеет много расширений, которые выходят за рамки системы ERP, например, для балансирования мощностей.

PM – управление TOPO (тех. обслуживание и ремонт оборудования). Модуль позволяет решать задачи планирования ремонтов, мониторинга оборудования (путем ввода в систему показаний контрольных приборов), калькулирования затрат на ремонты и т.д.

Раздел «Логистика»

MM – управление материальными потоками. Планирование потребности в материалах и услугах. Данный модуль является самым распространённым и проработанным в части реализации требований менеджмента.

SD – управление сбытом. Здесь решаются задачи автоматизации продаж: ранжирование клиентов, предпродажная работа, обработка заказов клиентов, сопровождение поставок, фактурирование (подготовка документов: счета, накладные и т.д.).

Раздел «Управление персоналом (HCM)»

HCM-PA – Кадровый учет. Автоматизация всех основных процессов учета кадров.

OM – организационный менеджмент. Автоматизация управления структурой предприятия, ведение штатного расписания и т.д.

TM – Управление временными данными.

PY – расчет заработной платы.

Компоненты данного раздела рекомендуется устанавливать на выделенных серверах, что закономерно с учетом данных, с которыми они работают.

Модуль MM

На любом предприятии имеется потребность в управлении запасами, а также в своевременном материально-техническом снабжении. При выполнении различных хозяйственных операций необходимо учесть множество факторов, что требует существенных временных и финансовых затрат. Сократить издержки и оптимизировать работу менеджеров по логистике призван модуль «Управление материальными потоками» (MM) от компании SAP.

Использование SAP MM поможет эффективно управлять хозяйственной деятельностью компании, благодаря следующим возможностям:

– учет объемов и стоимости складских запасов;
– контроль системы материально-технического снабжения;

– сокращение затрат на закупку материалов и содержание складского комплекса;

– организация слаженной работы сотрудников из разных подразделений;

– увеличение оборачиваемости складских запасов.

Модуль «Управление материальными потоками» поддерживает полный цикл работ по операционной логистике: планирование закупок требуемых материалов, аттестацию поставщиков, обработку работ и услуг, управление складскими запасами предприятия и составление отчетности.

Модуль SAP MM поможет эффективно управлять материальными потоками, благодаря наличию таких функциональных возможностей:

Основная задача подразделений технического обслуживания – организовать на предприятии систему оценки качества на различных уровнях деятельности. Достичь этой цели поможет внедрение модуля QM «Управление качеством» от компании SAP.

Использование модуля QM поможет оптимизировать работу руководителей подразделений технического обслуживания, службы материально-технического снабжения и производственных подразделений. Функционал решения SAP позволяет обеспечить:

– безопасное использования оборудования;

– соответствие требованиям нормативных документов и законодательству РФ;

– снижение вероятности ошибок при определении себестоимости работ;

– контроль характеристик оборудования;

– контроль качества выполнения работ.

Использование модуля QM помогает планировать и контролировать исполнение мероприятий по контролю характеристик оборудования, инструментов, материалов и качества проведения работ. Интеграция с решением PM (ТОРО) позволяет значительно расширить функционал модуля. Таким образом, с помощью системы «Управление качеством» можно решить ряд производственных задач:

Управление средствами контроля. В модуле осуществляется управление основными данными, обработка стратегий и мониторинг циклов предупредительного ТОРО, а также калибровка оборудования.

Детализация процессов настройки оборудования. С помощью системы можно автоматически создать контрольные партии для занесения и оценки значений контрольных параметров, а также вести историю результатов оценки.

Планирование мероприятий. SAP QM помогает определить циклы и стратегии предупредительного ТОРО, учитывая проверенные контрольные признаки оборудования.

Обработка контрольной партии. В модуле оцениваются и хранятся значения для контрольных признаков, определенных в технологической карте ТОРО. На основе этого оценивается контрольная партия и принимается решение об использовании.

Ведение технологических карт. «Управление качеством» поддерживает ведение технологических карт, что позволяет контролировать качество на протяжении полного жизненного цикла материала: при поступлении от поставщика и из производства, во время производства, при выполнении работ ТОРО или при реализации материалов и услуг.

Ведение истории результатов. История результатов контроля помогает выбрать и оценить результаты контроля для оборудования или технических мест. В решении графически отображается динамика измеренных значений, что позволяет проводить анализ «одним взглядом».

3. Разработка решения проекта

В рамках данного проектного решения использовались следующие основные данные.

Основные записи материала – ракурсы «Основные данные 1» и «Управление качеством» в основных записях материала системы SAP ERP для отражения необходимости проведения ТА и его характеристик.

Ракурс «Основные данные 1» в основных записях материалов содержит общие данные, используемые в дальнейшем во всех звеньях логистической цепочки. содержит описание материала, принадлежность к группе/классу материала, основная единица измерения, размеры и др. информация.

Ракурс «Управление качеством» в основных записях материалов ведется для организационного уровня «Завод» и содержит управляющие параметры, необходимые для проведения контроля качества во всех звеньях логистической цепочки. К таким данным относятся:

Общие данные, содержащие такую информацию, как, статус материала на заводе, управляющий параметр «Настройка проверки» и другую информацию для выполнения контроля качеством.

Данные заготовки, содержащие такую информацию, как управляющий ключ заготовки, тип сертификата, требования к системе управления качеством, используемой поставщиком и др. информацию.

В рамках проекта реализовано добавление полей на блоке «Дополнительные данные» ракурса «Управления качеством» (расширение таблицы MARC):

– индикатор «Проведение ТА» (ZZ_TA);
– периодичность проведения ТА (ZZ_PERIOD_TA);
– опыт изготовления продукции, Лет (ZZ_EXPER_MANUF_TA).

Для формирования карточки ПП используется формирование основной записи кредитора с новой группой счетов XXXX – Производственная площадка (ведение настройки группы счетов выполняется через меню: SPRO – Финансы (нов.) – Бухгалтерия дебиторов и кредиторов – Основные данные – Подготовка к вводу основных данных кредиторов – Определение групп счетов со структурой экрана для кредиторов).

Для связи Поставщика МТР и производственной площадки (кредитора с новой группой счетов XXXX – Производственная площадка с возможностью ведения субассортиментов для хранения перечня групп/классов МТР для ПП) используется существующая роль партнера ПС, для связи производственной площадки с поставщиком, заведенным для производственной площадки, будет создана новая роль партнера ZT – Производственная площадка (ведение ролей партнера выполняется через меню: SPRO – Управление материальными потоками – Закупки – Основные записи поставщиков – Иерархия поставщиков – Определение выбора партнера для типа иерархии).

Для возможности унификации и упрощения заполнения выводов ТА для ПП и видов ТА предполагается использование стандартной функциональности каталогов, которая строится на ведении и использовании групп кодов.

Каталоги используются для управления, единообразного определения и стандартизации информации в рамках завода или манданта. В рамках каталога каждой единице информации присваивается уникальный буквенно-цифровой код и текст с пояснением.

В рамках данного проектного решения предполагается создать новые виды каталога, в рамках которых будут созданы новые группы кодов для обеспечения выполнения процессов ТА. Перечень создаваемых в рамках проекта значений групп кодов будет сформирован на этапе «Реализация». В системе SAP ERP группы кодов будет вести Администратор процесса ТА с помощью стандартной транзакции «Обработка каталога» (транзакции QS41, QS42).

Для возможности обработки заявки на создание ПП, заявки на проведение ТА и процедуры выполнения ТА предполагается использование стандартной функциональности пользовательских статусов для сообщений по качеству.

В рамках данного проектного решения предполагается создание новых статусных схем:

– ZQMTA_001 «Заявка на ПП» (ведение схемы со статусами выполняется через меню: SPRO – Управление качеством – Контроль качества – Управление статусами – Определение статусной схемы);

– ZQMTA_002 «Заявка на ТА» (ведение схемы со статусами выполняется через меню: SPRO – Управление качеством – Контроль качества – Сообщения по качеству – Обработка сообщений – Определение статусной схемы).

– ZQMTA_003 «Процедура ТА» (ведение схемы со статусами выполняется через меню: SPRO – Управление качеством – Контроль качества – Сообщения по качеству – Обработка сообщений – Определение статусной схемы).

В системе для репозитария заведена категория ZQ «Категория для репозитария данных ZQ» с областью документов «ARCHLINK».

Для возможности прикрепления и просмотра документации в стандартных транзакциях модуля SAP QM будет использоваться существующая настройка для систем архивации в части создания идентификатора репозитария содержимого ZQ «Контент Управления качеством» (ракурс ведения TOAAR_C).

Заключение

В результате проведённой работы были выполнены следующие задачи организации разработана цепочка процедуры ТА; автоматизирован процесс проведения ТА поставщиков МТР.

Таким образом удалось повысить эффективность процесса организации и проведения процедур выбора поставщиков МТР.

Список литературы

1. Шульц, О. Практикум по SAP®. Руководство для новичков и конечных пользователей / О. Шульц: пер. с англ. – Санкт-Петербург: Эксперт РП, 2015. – 456 с.

2. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. – СПб: Питер, 2002. – 320 с.: ил. – (Серия «Теория и практика менеджмента»).

3. Майкл, Д. Зеленая книга SAP®. Бизнес-путеводитель по эффективному управлению жизненным циклом SAP / Д. Майкл: пер. с англ. – Санкт-Петербург: Эксперт РП, 2014. – 336 с

4. Ариф, Н. Интеграция SAP® ERP «Учет и отчетность». Конфигурация и проектирование / Н. Ариф, Ш. М. Таусееф: пер. с англ. – СанктПетербург: Эксперт РП, 2015. – 440 с.

5. Эванс, Э. Предметно-ориентированное проектирование. Структуризация сложных программных систем: пер. с англ. / Э. Эванс. – М. : Диалектика, 2020. – 443 с.

Миграция учета остатков предприятия розничной торговли с монолитной архитектуры на микросервисы

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com
М. Д. Квасова, email: kvasova@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается процесс миграции информационной системы предприятия розничной торговли с монолитной архитектуры на микросервисную.*

Ключевые слова: *микросервисы, монолитная архитектура, SAP ERP, торговля.*

Введение

Каждый продукт, владельцы которого нацелены на рост и развитие, приходит к тому состоянию, когда добавлять новые функциональные возможности к уже существующим становится настолько дорого, что стоимость новой функциональности превосходит все возможные выгоды от ее использования.

Существует несколько подходов к решению данной проблемы. Можно разбить приложение на несколько частей, зеркалировать систему или использовать микросервисы. Каждый из подходов имеет свои неоспоримые преимущества и различные недостатки.

Самый применяемый сегодня подход подразумевает деление одного большого куска кода (монолитного приложения) на несколько проектов – микросервисов, каждый из которых отвечает за свои определенные функции. Благодаря такому делению на микросервисы вся система приносит бизнесу и клиенту большую ценность, а также может проще и быстрее адаптироваться к внешним и внутренним изменениям.

При планировании перехода должны быть выбраны способы и методы взаимодействия микросервисов друг с другом и с внешними сервисами, определены сроки и критерии успешности перехода.

1. Анализ решаемой задачи

На рис. 1 представлена общая схема монолитной и микросервисной архитектур. Далее они будут рассмотрены подробно.

© Илларионов И. В., Квасова М. Д., 2022

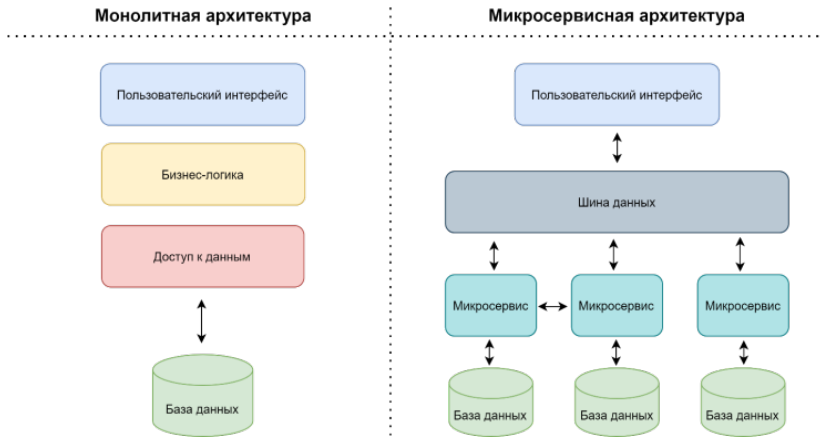


Рис. 1. Сравнение монолитной и микросервисной архитектур

Монолитная архитектура считается традиционным способом построения приложений. Это приложение, представленное в качестве единого компонента на одной платформе. Обычно такое решение включает в себя следующие уровни:

– пользовательский интерфейс – уровень представления, с которым взаимодействует пользователь;
– бизнес-логику – основная логика работы приложения;
– доступ к данным – модель данных, используемая сущностями в рамках бизнес-логики приложения;
– базу данных.

Самым большим преимуществом монолитной архитектуры считается скорость разработки, а также простота создания приложения на основе одного кода.

В монолитной архитектуре разработчики вынуждены придерживаться одной технологии, которая может иметь различные ограничения. Принятие любой новой технологии означало бы переписывание всего приложения, что чрезвычайно дорого и отнимает много времени. Следовательно, обновление – почти невыполнимая задача, кроме того, разработчики не могут извлечь выгоду из недавно выпущенных, более продвинутых фреймворков и языков. Это отсутствие гибкости становится особенно большой проблемой, когда используемая в настоящее время структура устаревает.

Обычно монолитные приложения имеют одну большую кодовую базу и не имеют модульности. Если необходимо изменить или удалить некоторую часть приложения, изменения вносятся сразу во весь стек, что

является дорогостоящим и требует много времени. Вместе с тем после внесения изменения необходимо полное повторное тестирование всего приложения.

Монолитное приложение может масштабироваться только в одном измерении. Первый из возможных вариантов – масштабирование за счет увеличения числа транзакций благодаря запуску дополнительных копий приложений. Однако такая архитектура имеем ограничения по масштабированию с увеличением объема данных. Недостаток заключается в том, что все копии приложения будет иметь доступ ко всем данным, что делает увеличивает потребление памяти и трафик ввода-вывода. Кроме того, различные компоненты приложения имеют разные требования к ресурсам. В монолитной архитектуре мы не можем масштабировать каждый компонент независимо.

По мере разработки продукты с монолитной архитектурой увеличиваются в объеме, их структура становится более размытой, а сложность системы растет. При передаче системы от команды команде, при постоянной смене разработчиков, отсутствии комментариев, тестов и документации разобраться в системе становится трудно. Следовательно, систему поддерживать с течением времени все сложнее и сложнее.

Монолитная архитектура может быть полезной, если:

– необходимо как можно быстрее запустить продукт в эксплуатацию;

– разрабатывает и поддерживает приложение одна несменная команда;

– приложение обладает ограниченной функциональностью и используется не часто.

– монолитная архитектура перестает быть подходящей, когда нам нужно:

– независимая масштабируемость различных компонентов домена;

– различные компоненты или модули, которые должны быть написаны на разных языках программирования;

В этот момент нам нужно разделить наш монолит на различные части, применив другой архитектурный стиль.

2. Микросервисная архитектура

Микросервисная архитектура (или микросервисы) – это стиль проектирования, который разбивает приложение на отдельные сервисы с разными функциями. [1]

Архитектура микросервисов структурирует приложение как набор небольших независимых служб, взаимодействующих через API.

Преимущество разработки приложения, которое следует архитектуре микросервисов, заключается в том, что команда разработчиков самостоятельно определяет инструменты реализации, имея широкий спектр возможностей для различных технологий, таких как операционные системы, платформы, языки программирования. Каждая служба имеет свою собственную функцию, кодовую базу, процессы, жизненный цикл и базу данных. Инструментальные средства могут быть выбраны в зависимости от того, что подойдет лучше для решения той или иной конкретной задачи. Это позволяет разрабатывать, развертывать, поддерживать и обновлять каждый из строительных блоков отдельно, не влияя на остальную часть приложения, в отличие от взаимозависимой монолитной архитектуры.

В результате команды разработчиков могут удовлетворять постоянно меняющиеся потребности бизнеса, быстро обновляя каждую службу или создавая новые компоненты приложения, вместо того чтобы перестраивать или повторно развертывать все это.

Каждая отдельная часть приложения может быть построена независимо из-за изолированности компонентов. Повышенная гибкость позволяет разработчикам обновлять компоненты системы, не отключая приложение. Новые функции могут быть добавлены по мере необходимости, не дожидаясь запуска всего приложения. Следовательно, релиз одной единицы не ограничен выпуском другой, которая еще не завершена.

Все сервисы микросервисной архитектуры построены как разные модули, что обеспечивает возможность масштабировать их независимо друг от друга.

При внесении изменений в один из микросервисов, его обновлении работа всей системы не будет нарушена. Вместе с тем если в каком-то из процессов возникнет ошибка, остальные процессы не будут затронуты и могут быть запущены, поскольку все сервисы работают изолировано друг от друга. Например, если в какой-то момент времени не доступна оплата с помощью кредитной карты, пользователь также может просматривать и добавлять их в корзину, оформлять заказы с оплатой при получении.

При выборе микросервисной архитектуры должны быть определены все блоки и четкие протоколы (правила) их взаимодействия. Для каждой пары взаимодействующих микросервисов должны быть согласованы формат обмена. Этот обмен происходит по сети, что может приводить к сетевым задержкам. Так, при правильной сборке монолитные приложения могут быть более производительны, чем система, состоящая из микросервисов, поскольку монолитные приложения имеют более

быструю связь между программными компонентами благодаря общей памяти и кодовой базе.

В сравнении с монолитными системами в микросервисной существует больше элементов для мониторинга, которые разработаны с использованием различных языков программирования. Поэтому один из недостатков микросервисов заключается в их сложности. Разделение приложения на независимые микросервисы влечет за собой больше единиц управления. Этот тип архитектуры требует тщательного планирования, огромных усилий, командных ресурсов и навыков.

3. Предметная область

Далее будет рассмотрен проект миграции архитектур для предприятия, представляющего собой онлайн-магазин продуктов питания, предоставляющий возможность доставки заказа до двери или в пункт выдачи заказов. Заказ может быть оформлен как через браузер так и через мобильное приложения на платформе iOS или Android. Ассортимент магазина имеет более 40000 товаров, имеется возможность доставки продукты в течение 2 часов. В компании работает более 3700 сотрудников, среди которых:

– команда разработки: разработчики, тестировщики, аналитики данных, бизнес-аналитики;

– работники склада: комплектовщики, фасовщики, кладовщики, контролеры качества, кассиры, грузчики;

– сотрудники административно-хозяйственного отдела;

– сотрудники отдела транспортной логистики: водители-курьеры, водители-экспедиторы, логисты;

– специалисты по безопасности;

– заведующие экономикой и финансами.

Компания имеет собственный автомобильный парк и более 800 машин, оборудованных специальными камерами для сохранения свежести продуктов.

4. Исходная архитектура

На рис. 2 представлена архитектура монолитного приложения предприятия, используемая ранее до возникновения следующих проблем:

– при внесении изменений в часть программного кода необходимо вносить изменения в другие его части, причем объем сопутствующих правок не может быть спрогнозирован;

– добавление новой функциональности требует большого количества времени на разработку, стабилизацию и тестирование;

– невозможно увеличить пропускную способность отдельных частей приложения.

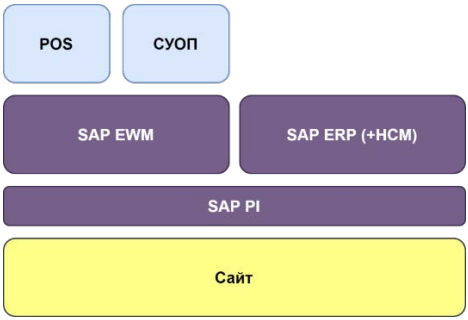


Рис. 2. Монолитная архитектура приложения

5. Целевая архитектура

Целевая архитектура представлена функционально независимыми единицами, выполняющими одну из функций монолита со своим стеком технологий и базой данных.

Архитектура, представленная на рис. 3, состоит из тех же элементов, что и монолит: Сайт, SAP PI, SAP EWM, POS, СУОП, но вместо SAP ERP выступает SAP S/4 HANA и отдельная система SAP HCM.

Сайт содержит в себя функциональность, которая описывает все процессы управления заказом, типы доставки, промоакции, все процессы, происходящие в личном кабинете клиента, включая аутентификацию, авторизацию, регистрацию.

Apache Kafka – система обмена сообщениями, хранилище для больших объемов данных, которое обеспечивает коммуникацию между сайтом и микросервисами, а также связь микросервисов между собой. В Apache Kafka консистентно хранятся данные в той последовательности, в которой они менялись. Такой подход обеспечивает надежность и легкость отслеживания состояний. В Apache Kafka данные записываются быстрее, чем в обычную базу данных.

Цель сервиса – обеспечение полноценного процесса управления автопарком и рейсами по клиентской доставке заказов, а также рейсами для хозяйственных нужд компании. Микросервис представляет собой веб-интерфейс для планирования курьеров, транспортных средств и других ресурсов доставки.

Сервис покрывает 3 крупных блока:

- планирование ресурсов доставки
- рабочее место начальника автоколонны;
- табулирование и учет рабочего времени;
- состояние ресурсов (водителей и транспортных средств).
- управление рейсами и заказами в нем

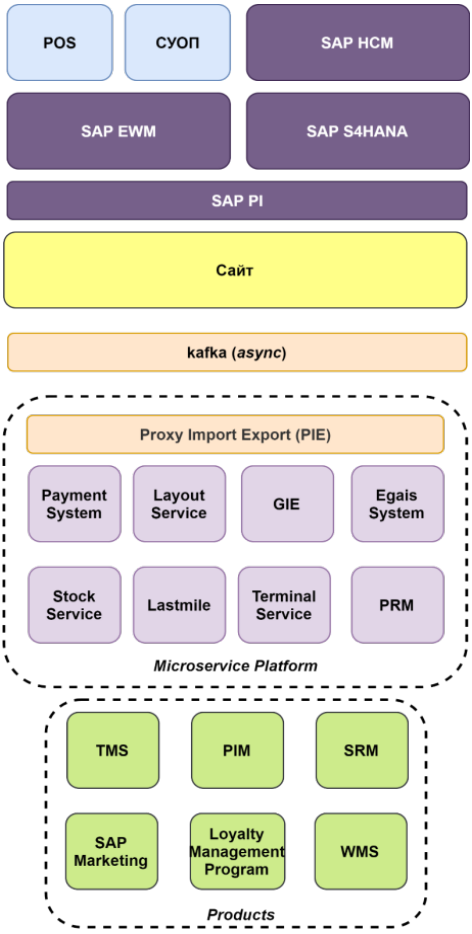


Рис. 3. Целевая система

6. Учет остатков

Вся бизнес-логика по работе с остатками расположена на PHP backend. Товарные остатки обновляются в течение дня раз в 20 минут сообщением, включающим в себя изменения по остаткам. В случае, если по любым причинам обновление по остаткам не было отправлено, в течение дня накапливаются расхождения по ним.

Для нивелирования расхождений в товарных остатках существует механизм выравнивания. Выравнивание остатков подразумевает выгрузку общего файла с остатками (z_if_xi_send_ostat.xml) из ERP на

FTP-ресурс и дальнейшее считывание этого файла со стороны PHP-backend. Время начала формирования общего файла с остатками на стороне ERP – 22:30. Время выравнивания остатков на стороне PHP-backend – 00:01.

В связи с увеличением количества складов и товарных единиц время создания общего файла с остатками увеличилось до 2,5-4 часов. Следовательно, файл будет выложен на FTP будет после 00:00 следующего дня, и загруженный файл будет считан PHP-backend только на следующие сутки. Например, 22.12.2020 в 22:30 начал формироваться файл на стороне ERP. Выложен файл на FTP 23.12.2020 в 00:15. Загрузка данного файла и выравнивание остатков по нему произойдёт только 24.12.2020 в 00:01.

В результате расхождения остатков на сайте (витринах) с актуальными остатками на складах и в ERP составляют временной интервал более суток.

Для оперативного устранения данной проблемы принято решение выполнить доработку механизма выравнивания остатков на стороне PHPbackend. Расхождения по остаткам провоцируют факт того, что заказ не может быть полностью скомплектован.

Если в заказе есть товары, которые не удалось скомплектовать, пользователю отправляется сообщение на CMC и e-mail. В противном случае, если все товары были скомплектованы, пользователю никаких сообщений по результатам комплектации не уходит. Если каких-то из товаров нет в наличии проверяется наличие товаров альтернатив.

В августе 2020 года процент неподтверждённых комплектаций товаров в заказах составил 0,3%. Число неподтвержденных комплектаций товаров в заказах приблизительно 2382.

Самый нагруженный интервал времени – с 15:00 до 17:00.

Максимальное наблюдаемое количество заказов в минуту – 400, с учётом ограничения базы данных. Максимально возможное количество заказов в минуту при текущих ресурсах доставки – 1 000 заказов в минуту. Для расчётов взята статистика за 16.08.2020

Всего в течение суток 251 запрос:

в среднем 10,46 RPH

в среднем 0,17 RPM

в среднем 0,003 RPS

Среднее число позиций в заказе равно 53 позициям. Для расчётов взята статистика за сентябрь 2020 года. Максимально наблюдаемое число запросов в каталогах и в корзине RPM = 2 000. Допускаем, что 50% из этих запросов – фототоваров и баннеры.

Следовательно, RPM = 1 000.

7. Показатели эффективности

В течение всего процесса роллаута микросервиса StockService производился мониторинг остатков из ERP и из StockService. Следующий этап не начинался, пока 99% процентов товаров не имели расхождение по остаткам равное 0 в течение 7 дней. Вместе с этим отслеживалось количество принятых товаров со стороны ERP через Kafka (рис. 4). Остатки передавались с периодичностью 20 минут. Если по каким-то причинам остатки не были переданы, механизм выравнивания отрабатывал в 100% случаев.



Артикул товара	ID склада	Остатки из ERP	Остатки из StockService	Разница
3428895	4000	12	12	0
3428895	5000	12	12	0
3428895	7000	12	12	0
3428896	100	0	0	0
3428896	4000	19	19	0
3428896	5000	24	24	0

Рис. 4. Разница остатков на сайте между ERP и StockService

Процент неподтверждённых комплектаций товаров в заказах составил 0,01%.

Заключение

В результате проделанной работы был спроектирован микросервис учета остатков, сохранивший все полезные функциональные возможности при этом нивелирующий недостатки учета остатков в монолитной архитектуре.

Учет остатков, реализованный в микросервисной архитектуре, уменьшил процент неподтверждённых комплектаций товаров в заказах в 30 раз благодаря отправке данных по остатках не через заданные промежутки времени, а по событиям, меняющим количество остатков таким как заказ, внутреннее перемещение товара, списание, поставка.

Полученная система может быть масштабирована для работы с большим числом наименований товаров, складов, на которых они хранятся.

Список литературы

1. Ричардсон, К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга / К. Ричардсон; СПб.: Питер, 2019. – 546 с.

2. Ньюмен, С. От монолита к микросервисам: Эволюционные шаблоны для трансформации монолитной системы / С. Ньюмен; Пер. с англ. Андрея Логунова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 272 с.

3. Нархид, Н. Apache Kafka. Потоковая обработка и анализ данных / Н. Нархид, Г. Шапиро, Т. Палино; Пер. с англ. И. Пальти. – СПб.: Питер, 2019. – 320 с.

4. Кочер, П. Микросервисы и контейнеры Docker / П. Кочер; Москва: ДМК Пресс, 2019. – 240 с.

5. Моуэт, Э. Использование Docker / Э. Моуэт; М.: ДМК Пресс, 2017. – 356 с.

Маломерная статистическая выборка

В. А. Каладзе, email: wakaladze@yandex.ru [1],
В. А. Работкин [2]

[1] Международный институт компьютерных технологий
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены применяемые до настоящего времени подходы к исследованию характеристик маломерных статистических выборок. Разработан подход к установлению её репрезентативности. Приведены примеры, иллюстрирующие предложенный метод.*

Ключевые слова: *Маломерная выборка, метод статистических испытаний, репрезентативность, проверка статистической гипотезы.*

Введение

Во многих инженерных и физических статистических задачах приходится сталкиваться с ситуацией, когда имеющиеся исходные данные для расчётов или исследований представлены небольшим, весьма скромным по объёму множеством значений. Более того, эти значения зачастую не сопровождаются соответствующим множеством их вероятностного выбора, т.е. невозможно сформировать вероятностный ряд, описывающий случайную величину.

Другими словами, перед нами обычная прикладная статистическая задача, когда на небольшом объёме статистически неполной информации требуется получить качественные оценки параметров некоторой системы или описать законы процессов, протекающие в ней.

1. Маломерная статистическая выборка

Будем рассматривать массив исходных данных такой задачи, как дискретное множество числовых значений, полученных из генеральной совокупности (ГС) на основе простого случайного выбора, т.е. статистическую выборку S, которая, при этом, по своему смыслу должна содержать необходимую информацию о системе.

Статистическую выборку S принято упрощённо рассматривать как дискретное множество над полем действительных чисел, численной характеристикой которого является её мера (мощность) m, определяемая через количество наблюдений в выборке. Вопрос о применимости S в конкретной задаче многие пытаются решить с помощью нахождения

© Каладзе В. А., Работкин В. А., 2022

некой функциональной зависимости её меры от точности искомых оценок

Выборку можно использовать для исследования системы, если она содержит достаточно данных для получения искомых статистических оценок, точность которых напрямую связана с объёмом S, однако величина мощности выборки ещё не гарантирует наличия у неё свойства представлять ГС. Такое несоответствие связано с тем, что повышение точности статистической оценки приводит к снижению её достоверности. Этот парадокс наглядно усматривается в общеизвестном «правиле трёх сигм».

При этом, возникает важная самостоятельная задача определения условий, при которых S в достаточной мере сможет адекватно представлять ГС, поскольку эта адекватность обеспечивается не только мощностью множества наблюдений, отобранных в S из ГС. Вообще-то говоря, эту выборку следует воспринимать не только как множество возможных значений случайной величины, поскольку она должна наследовать важнейшую вероятностную характеристику ГС, такую как конкретный закон распределения вероятностей над этим множеством, который необходимо учитывать. Однако это требование в большинстве прикладных задач невыполнимо.

В этой связи, в прикладных задачах закон распределения, рассматриваемой генеральной совокупности, определяется в «широком смысле»: только через его числовые моменты (как начальные, так и центральные). При этом его функциональная зависимость (в интегральной или дифференциальной форме) не оценивается и не выводится из условий исследуемого процесса (что зачастую невозможно), но считается известной на некоторых законных основаниях, например, из проведённых ранее в данной предметной области теоретических исследований, и в предположении, что она известна исследователю.

Тем не менее, определять репрезентативность полученной выборки можно только с учётом её вероятностных свойств. Нельзя исследовать характеристики S, как множества действительных чисел детерминированными методами, чем обычно грешат исследователи.

Данная задача определения условий адекватности маломерной статистической выборки сводится к двум направлениям исследования:

1. определение допустимого минимального объёма выборки;
2. оценке достаточности статистической близости S к ГС. т. е. требуется провести формирование показателей, определяющих оба эти направления.

Возникает резонный вопрос: при каком минимальном количестве элементов выборки может рассматривать вопрос о её репрезентативности, т.е. при каких ограничениях можно провести оценку адекватности для маломерных , имеющих небольшую меру m.

Так, легко видеть, что на ограничении снизу $|S| = m < 3$ выборка S не содержит статистического смысла и однозначно не может представлять генеральную совокупность. Если же статистическая выборка по мощности сопоставима с ГС, то вопрос о репрезентативности такой выборки считается не актуальным.

Поскольку в большинстве прикладных задач расчёты проводятся на основе ограниченных выборок мощности $m < 300$, а нижний предел меры репрезентативной выборки определяется как 200, 300, то будем считать, что мера достаточной выборки начинается с 300.

В литературных источниках [1, 2] можно усмотреть различные оценки величины m, определяющие уровень малости выборки: 25, 30, 35, на которой можно получить удовлетворительное решение той или иной прикладной задачи. Однако общего подхода нет и единственным обоснованием правильности принятого решения в большинстве случаев, является опыт исследователя в конкретной предметной области.

Чтобы разобраться в этой проблеме, проведём по материалам нескольких исследований [3-6] условную классификацию меры статистических выборок в соответствии с характером решаемых задач. Так для решения задач статистического оценивания неизвестных характеристик системы требуется привлечения случайной выборки мощности $30 < m < 300$. В задачах статистического контроля уже известных характеристик достаточно будет маломерной выборки $3 < m < 30$. При этом условность такой классификации объясняется субъективностью её источников, на которых сформированы эти ограничения.

Кроме того, в ряде работ были попытки проводить исследования характеристик S информационными методами через оценивание информации, содержащейся в ней [3, 6]. Для этого использовались приёмы группировки данных: построение гистограмм, проверка через ХИ-квадрат критерий. Однако малость меры затрудняет использовать информационный подход. Поэтому исследования сводились к непосредственным методам построения над всей выборкой статистической функции распределения, использования критерия Уилкоксона и т.п.

Решать вопрос об объёме адекватной статистической выборки только с точки зрения её меры, как это делается в большинстве случаев

[7-10], не следует, поскольку такой подход не обеспечивает получение достоверных результатов. Необходимую оценку m можно получить только лишь оценив статистическую значимость исследуемой выборки и только в условиях конкретной задачи. Что указывает на локальность решения и невозможность получения единой оценки минимальной меры, обеспечивающей адекватность выборки.

Решение о минимальном размере выборки и её адекватности следует принимать на статистической основе с использованием статистических критериев в ходе проверки статистической гипотезы H_0, оценив доверительную вероятность, с которой эта выборка S может быть принята к решению статистической задачи.

Поскольку мера статистической выборки – это число степеней свободы по Фишеру, то процедура определения нижней грани меры репрезентативной выборки основана на подборе к имеющейся величине ч.с.с. эффективного значения уровня значимости, обеспечивающего получение оптимального значения, используемого статистического критерия.

Если в инженерной задаче требуется установить адекватность (генеральной совокупности) используемого небольшого массива данных [7], т.е., по существу, репрезентативность маломерной статистической выборки, то на основе классического подхода [5] проверяются статистические гипотезы равенства центра маломерной выборки с эталонной и равенство их дисперсий, поскольку среднеквадратическое отклонение определяет меру выборки.

2. Определение закона распределения на маломерной выборке

В задачах радиометрии и спектрометрии излучений различной физической природы применяются методики многократной регистрации числа частиц потока излучения $K(\Delta t) = K(\cdot)$ за фиксированный интервал времени Δt. Последовательность из таких значений $K(\cdot)$ можно рассматривать как реализацию случайного процесса с дискретным временем и дискретными значениями, т.е. временного ряда. Для анализа и классификации дискретных статистических распределений по их типам или формам используется случайный вектор, представляющий эмпирическое распределение ЭР $(K(\cdot))$ $(n_0,...,n_i,...,n_l)$, $\sum_{i=1}^{l} n_i = n$, где $n_i(K=i)$ – число одинаковых K_i в выборке объёма n. Сложность ситуации состоит в том, что на маломерной выборке, при малых n, известные стандартные статистические методы [11] не позволяют

выявить нестационарность и периодичность процесса. В частности, критерий Хи-квадрат, указывая на соответствие их распределению Пуассона, не позволяет разделить такие ЭР ($K(\cdot)$) по их формам, различие которых связано различными значениями параметров распределения. В таком случае, при проверке статистической гипотезы об адекватности закона распределения, выявление соответствующей доверительной вероятности (или уровня значимости) будет определять уровень надёжности принятого решения.

При анализе и обработке таких распределений большую информативность обеспечивает наблюдение не интегрального счёта за интервал времени, а исследование интервалов между отдельными событиями (т.е. наблюдение накопления событий во времени). В этом случае необходимо регистрировать время появления каждого событий [12]. Такой подход позволяет не терять информацию о временных характеристиках потоков излучения и произвольно выбирать интервал квантования времени Δt. При проверке эмпирических данных на соответствие их распределению Пуассона и определения параметров этих распределений дополнительно можно исследовать распределение интервалов времени между отдельными событиями на соответствие их экспоненциальному распределению.

Проверка гипотез согласия ЭР(К) основана обычно на критерии Хи-квадрат, в котором применяется неоднозначная процедура группирования выборочных значений, а асимптотические значения его квантилей могут существенно отличаться от значений при небольших объёмах выборок. В работе [13] рассмотрена задача модификации критерия согласия на основе метода эмпирических производящих функций вероятности (ЭПФВ).

При статистическом анализе данных, если вид закона распределения дискретной случайной величины известен, то параметры функции распределения можно оценить, используя несколько первых целых эмпирических моментов распределения на основе метода моментов. Если же вид функции распределения не задан, то совокупность всех целочисленных центральных моментов, как теоретических, так и тем более эмпирических, не всегда позволяет однозначно установить функцию распределения. Такая задача существенно усложняется в условия случайных выборок малого объема. С увеличением порядка возрастает разброс значений моментов. Поэтому при анализе распределений ограничиваются моментами не более четвертого порядка. При сравнении нескольких ЭР ($K(\cdot)$) можно воспользоваться анализом

проекций фазовых траекторий функций дробного порядка $l < S < 5$ комплексных центральных моментов $\mu(S_l v_q(\cdot))$ СВР [14].

Заключение

Разработан адекватный подход к установлению репрезентативности маломерной статистической выборки её генеральной совокупности.

Список литература

1. Статистический анализ малого числа наблюдений / И. П. Демаков [и др.]; Л., 1973. – 27 с.
2. Методы статистического анализа и обработка малого числа наблюдений при контроле качества и надёжности приборов и машин / Л., 1974. – 92 с.
3. Демаков, И. П. Статистические методы определения законов распределения при анализе точности и надёжности промышленных изделий по результатам эксперимента / И. П. Демаков, В. Е. Потепун; Л. – 39 с.
4. Еременко, И. В. Об одном методе построения законов распределения величин при малом числе испытаний / И. В. Еременко, А. Н. Свердлик; В кн.: Некоторые вопросы специального применения вычислительной техники. – Л., ЛВИКА им. А. Ф. Можайского, 1963. – С. 18-29.
5. Кендалл, М. Статистические выводы и связи / М. Кендалл, А. Стьюарт; М., Наука, 1973. – 900 с.
6. Шор, Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надёжности / Я. Б. Шор // Советское радио, М., 1962. – 552 с.
7. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро; М., Мир, 1969. – 396 с.
8. Хахубия, П. Г. Об эффективности различения по малым выборкам нормального и равномерного типов распределений / П. Г. Хабубия // Теория вероятностей и её применения. – М., 1966. – Т. 11. – № 1. – С. 120.
9. Brinbaum, Z. W Small sample distribution for multi-sample statistics of Smirnov type / Z. W. Brinbaum, R. A. Hall //Annals of Math Statist., 1960. – V. 31. – №. 3.
10. Burr, Ë. I. Small sample distribution of two-sample Cramer-von Mise's W and Watson's V. / Ë. I. Burr // Annals of Math. Statist., 1964. – V. 35. – №. 3.
11. Чавчанидзе, В. В. Об определении законов распределения на основе малого числа наблюдений / В. В. Чавчанидзе, В. А. Кумсишвили

//В кн.: Применение вычислительной техники для автоматизации производства (Труды совещания 1959 г.). М., Машгиз, 1961. – С. 71-75.

12. Акиндинова, Е. В. Multichannel Spectrometer of Time Distribution / Е. В. Акиндинова, А. Г. Бабенко, В. М. Вахтель, Н. А. Евсеев, В. А. Работкин, Д. Д. Харитонова // Exotic Nuclei : EXON 2014. Proceeding of the International Symposium, Kaliningrad, Russia, 8-13 Sept. 2014 . – Singapore, 2014 . – P. 651-658 .

13. Акиндинова, Е. В. Критерий согласия на основе производящей функции вероятности / Е. В. Акиндинова, А. Г. Бабенко, В. М. Вахтель, В. А. Работкин, К. С. Рыбак // Воронежская зимняя математическая школа С.Г. Крейна – 2018: Материалы международной конференции, Воронеж, Научная книга, 2018. – ISBN 978-5-4446-1094-7. – С. 117.

14. Нигматуллин, Р. Р. Статистика дробных моментов: новый метод количественного «прочтения» произвольной случайной последовательности / Р. Р. Нигматулин // Учён. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки, 2005. – Т. 147. – книга 2. – С.129-161

Стабилизация доходов фермерского хозяйства

В. Г. Киселев, email: vgkiselev@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В данной работе рассматриваются два способа стабилизации доходов фермерского хозяйства, занимающегося в основном выращиванием растениеводческой продукции. Оба этих способа могут быть использованы фермерами, недостаточно искушенными в финансовых вопросах. Первый способ основан на агростраховании, второй способ предполагает использование простейших возможностей биржи. Обсуждаются возможности оптимального использования этих способов.*

Ключевые слова: *Растениеводство, критерии, хеджирование, фьючерсы, агрострахование.*

Введение

Доходы сельскохозяйственного производства в значительной степени зависят от ряда дестабилизирующих факторов. Главные из них – это стохастическая природа урожайности и неопределенность в цене реализации произведенной продукции. Особенно чувствительна к первому фактору растениеводческая отрасль сельского хозяйства.

Урожайность зависит от случайных погодных факторов, от изменчивости климатической обстановки, от обеспеченности техническими средствами, от человеческого фактора и многих других факторов. В решении текущей проблемы стабилизации доходов при известной структуре производства основную роль играют изменчивость урожая, зависящая от местных погодных условий, и неопределенность цены этой выращенной продукции.

Если задача прогноза урожайности в зависимости от погодных условий достаточно изучена, то с прогнозом цен все гораздо сложнее. Идеальный рынок предполагает, что снижение уровня урожайности приводит к снижению объема предлагаемой продукции на рынке и, таким образом, способствует повышению цен и наоборот, уровень урожайности, превышающий средний, является причиной снижения цены. Таким образом, в условиях идеального рынка должна существовать отрицательная корреляция уровня урожайности и цены, но реальный рынок отличается от идеальной модели, что отмечается в публикуемых обзорах.

© Киселев В. Г., 2022

Производитель сельскохозяйственной продукции заинтересован в стабильных доходах от своего производства и поэтому возникает задача ознакомления его с возможными методами решения этой проблемы

Вообще говоря, известны общие методы стабилизации доходов производства, которое функционирует в условиях неопределенных факторов, однако для конкретного производства, в частности производства фермерского хозяйства, эти методы требуют соответствующей корректировки.

Известны три способа борьбы с рисками в таких производствах, каким является растениеводство в сельском хозяйстве. Это: диверсификация производства, страхование и, наконец, хеджирование. Диверсификация производства в растениеводстве в данной работе не рассматривается, поскольку объект исследования – это фермерские хозяйства, специализирующиеся на производстве монокультуры.

Для таких хозяйств имеет смысл рассматривать простые способы борьбы за стабилизацию доходов от производства. В качестве таких методов будем рассматривать мультирисковое индивидуальное страхование и хеджирование фьючерсом. Имеется еще более простой способ хеджирования – форвардное хеджирование, но его мы здесь рассматривать не будем, как менее эффективное.

Индивидуальное мультирисковое страхование урожая

Агрострахование, как способ борьбы с погодными рисками, подробно было изучено в [1-2], где показано, что задачу выбора стратегии страхования фермер должен решить неформально, оценивая его результаты. За стабилизацию производства надо платить – это выражается в виде премии, выплачиваемой фермером страховой компании. При отсутствии государственной поддержки средний доход фермера уменьшается и становится тем меньше, чем выше уровень страхования. Жизненный опыт показывает, что люди в большинстве случаев не склонны к риску и поэтому они согласны отказаться от большей прибыли ради уменьшения риска потерь.

Суть процесса любого страхования заключается в следующем. В начале года страховая компания и агрофирма заключают договор о страховании некоторой культуры, по которому агрофирма должна выплатить страховщику некоторое количество денег в размере π. Как показывает мировой опыт, агрострахование без участия государства невозможно, поэтому часть γ этой суммы погашается или из федерального или из местного бюджета. Тогда агрофирма реально за заключенный договор должна заплатить только $\pi_f = (1-\gamma)\pi$. В момент уборки оценивается количество полученного урожая (или дохода, в

зависимости от вида страхования) и страховая фирма выплачивает фирме некоторую компенсацию в размере r. Величина этой компенсации определяется по алгоритму, заложенному в содержание используемой программы страхования. В актуарной математике принято ([5]) считать, что $\pi = (1+\theta)Er$, где E – знак математического ожидания, а θ – величина страховой надбавки, обеспечивающая доходность страховой компании

Каждая программа страхования определяется рядом параметров, влияющих на эффективность каждого из ее участников. Здесь будет рассматриваться одна из простых программ страхования урожая – мультирисковая программа страхования урожая, которая была исследована в [2].

Эта программа является самой давней программой агрострахования, которая предоставляет защиту от падения урожайности, вызванного целым рядом рисков. Для большинства культур эти риски включают засуху, переувлажнение, заморозки и вымерзание, ветер, наводнение, вред, нанесенный вредителями и болезнями.

Уровень покрытия по данной программе базируется на средней урожайности каждого отдельного хозяйства. Если полученная в хозяйстве урожайность культуры меньше гарантированной, то застрахованному хозяйству будет выплачена сумма, которой не хватает до гарантированного уровня.

Рассмотрим простой случай страхования урожая одной культуры одной фирмой на площади S со случайной урожайностью y. Пусть прогнозная (фьючерсная) цена единицы производимой продукции равна $\overline{c}$. Страховая урожайность y_α – то значение урожайности, ниже которой страховая компания выплачивает страховое возмещение, равное стоимости недополученного урожая. Страховое возмещение $r = \max[\overline{c}\, S\,(y - y_\alpha), 0]$. Зная эти выражения, вычисляются все необходимые показатели программы страхования, такие как надежность получения дохода и средний доход хозяйства.

В этой программе страхования следует исследовать вопрос о целесообразности страхования выращиваемой культуры на всей площади, т.е. следует найти оптимальное в некотором смысле значение площади S_1, $0 \le S_1 \le S$, на которой целесообразно страховать урожай.

В общем случае с учетом страхования и выручки от собранного урожая при фиксированном значении y_α фермер получит доход в размере

$$D = cyS + r(S_1) - \pi_f(S_1) - V(S),$$

где c – рыночная цена выращенного продукта, а $V(S)$ – производственные затраты. Здесь c и y – случайные величины.

Задачу выбора оптимального значения S_1 можно сформулировать как максимум среднего дохода

$$\max ED(S_1),\ S_1 \le S$$

Фьючерсное хеджирование для фермерского хозяйства

Под хеджированием в широком смысле понимаются действия, уменьшающие потери на наличном рынке за счет проведения сделок на финансовом рынке. Для фермера потерями являются недополучение плановой урожайности и снижение на наличном рынке запланированной цены на производимую продукцию.

Основная специфика хеджирования в нашем случае заключается в том, что в растениеводстве необходимо хеджировать доход от товара, объем производства которого и цена реализации которого неизвестны.

Хеджирование фьючерсом

Фьючерс – это стандартный срочный биржевой контракт купли продажи базового актива. Заключение фьючерсной сделки означает, что в момент исполнения фьючерса покупатель контракта получит купленный базовый актив по установленной на момент заключения контракта цене, а продавец обязуется продать базовый актив исходя из зафиксированной в контракте цены.

С целью защиты от снижения цен фермер весной на фьючерсной бирже продает фьючерс на товар с исполнением осенью по известной фьючерсной цене, которая устанавливается путем конкуренции продавца и покупателя.

Выручка фермера равна сумме выручки от проданного товара на реальном рынке и полученной выручки на фьючерсном рынке. Выручка фермера на фьючерсном рынке зависит от применяемой им стратегии хеджирования.

У фермера в момент заключения операции хеджирования имеется только одна возможность – это определить, какое количество фьючерсов следует продать. Таким образом, количество проданных весной фьючерсов также должно решаться путем моделирования данной ситуации.

Стратегия хеджирования фермера фьючерсной сделкой

Рассмотрим такой пример. Пусть весной при посеве некоторой культуры прогнозируется собрать урожай в количестве Y_p (прогнозируемый урожай) и продать его по цене c_p. Ожидаемая выручка

равна $R_p = Y_p \times c_p$. На биржевом рынке весной осенние фьючерсы на этот товар продаются по цене страйк c_{f0} со стандартным количеством, равным величине a. Пусть фермер продает таких фьючерсов в количестве x (искомая величина). Должно выполняться условие $xa \le Y_p$, т.е. фермер берет на себя обязательство продать товар в количестве xa по цене c_{f0}.

Рассмотрим теперь ситуации осенью в момент уборки урожая.

1. Полученный урожай оказался меньше планируемого, т.е. $Y < Y_p$. Предположим, что такая тенденция наблюдается у большинства продавцов аналогичного товара. Тогда цена на этот товар по законам рынка в этом случае возрастает, т.е. $c > c_p$ и (в силу обычной коррелированности) $c_f > c_{f0}$. На товарном рынке, продав всю выращенную продукцию Y, получим выручку $R = Y \times c$. Возможны два случая: полученная выручка или больше или меньше запланированной, но в любом случае на фьючерсной бирже необходимо закрыть открытую ранее короткую позицию, продав те же x фьючерсов по цене c_{f0} и купив такие же фьючерсы по текущей (большей) фьючерсной цене c_f. Так как по выше названной причине должно быть $c_f > c_{f_0}$, то на фьючерсном рынке, при заключении офсетной сделки получим убыток, равный $RF = (c_f - c_{f0}) \times x$ и в результате от такого хеджирования получим окончательный доход $RC = Yc - \left(c_f - c_{f0}\right)x$, величина которого зависит от конкретных значений параметров, определяющих его. Таким образом, в случае недобора урожая результат хеджирования отрицательный.

2. Пусть теперь $Y > Y_p$. Предположим теперь, что такой хороший результат и у большинства продавцов этого товара на фьючерсной бирже. Тогда должны выполняться следующие соотношения: $c_f < c_{f0}$ и $c < c_p$. Тогда, продав товар по меньшей, чем запланирована цене, на фьючерсном рынке получим компенсацию $RF = (c_{f0} - c_f) \times x$ при совершении обратной сделки, покупая фьючерсы на сумму $c_f \times x$.

Чистая выручка от операций на реальном и фьючерсном рынках будет равна

$$RC = \frac{Y \times c + x(c_{f0} - c_f)}{}.$$

Суммарный результат хеджирования фьючерсом будет зависеть от конкретного урожая и конкретных цен и от выбранных параметров хеджирования, которые необходимо выбирать целесообразными. В данном случае искомым параметром является величина x – количество проданных фьючерсов со стандартным количеством товара, равным – a, и следует максимизировать среднее значение фермерского дохода. Для этого достаточно найти максимум среднего дохода на фьючерсном рынке.

Задачу определения искомого количества продаваемых фьючерсов x можно представить как стохастическую оптимизационную задачу вида

$$\max E\left[RF(x)\right], \; xa \le Y_p$$

Таким образом, мы сформулировали две задачи оптимизации двух методов стабилизации доходов фермерского растениеводческого хозяйства. Анализ и методы решения этих задач не входит в планы данной работы.

Заключение

Были изложены два метода стабилизации доходов фермерского растениеводческого хозяйства. Это два известных метода, которые изложены применительно к данной поставленной задаче и являются наиболее пригодными для фермеров, не особенно искушенных в финансовых вопросах. Сформулированы задачи для оптимизации этих методов путем выбора значений некоторых параметров, характеризующих эти методы.

Список литературы

1. Kiselev, V.G. Information support in agri-insurance / V. G. Kiselev // IEEE Xplore Digital Library. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), Moscow, Russia, 2017. P. 255-260

2. Киселев, В.Г. Обоснование региональной мультирисковой программы страхования сельскохозяйственных культур / В. Г. Киселев //сб. трудов Управление большими системами, Выпуск 61. М.: ИПУ РАН. 2016. С. 168–190.

3. Боди, З. Финансы / З. Боди, Р. Мертон .– М. / Вильямс, 2003.– 592 с.

4. Халл, Д. К. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты / Д. К. Халл – М. : Издательский дом Вильямс, 2008. – 1024 с.

5. Актуарная математика / Н. Бауэрс [и др.] – М. : Янус-К, 2001. – 655 с.

6. Shashi Kiran, A. S. Crop Insurance – Strategy to minimize risk in Agriculture / A. S. Shashi Kiran, K. B. Umesh // International Economics, Brasil, 2012.

7. Lutfor, R. M. Crop insurance as a risk reducing measure: issue and problem / R. M. Lutfor // Bangladesh journal of public administration, 1990. – vol. 4.

8. Ginder, M. Factors affecting crop insurance purchases decisionsby fermers in Northen Illinois / M. Ginder, A. Spaulding, K. Fudor // Agricultural Finance Review, 2009. – vol. 69. – № 1.

9. Mahul, O. Designing optimal crop revenue insurance / O. Mahul, B. Wright // American journal of Agricultural Economics – 2003. – vol. 85. – № 3.

Процессные аспекты создания интегрированных систем управления в составе перспективных организационных форм на основе информационных, управляющих и телекоммуникационных систем

С. В. Козлов, email: sv_kozlov@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *В данной работе на стыке тектоцентрической и холистической парадигм в менеджменте рассматриваются процессные аспекты создания интегрированных систем управления как организационных систем применительно к целевым и противодействующим процессам, представляемым в виде полных групп процессов.*

Ключевые слова: *бизнес-система, организационная система, интегрированная система управления, смена парадигмы в менеджменте, классификация процессов, полная группа процессов, уязвимость процессов.*

Введение

Среди современных тенденций развития организационных систем следует выделить интеграцию на основе развития сетевых технологий, децентрализацию, виртуализацию, информатизацию и другие направления создания распределенных систем.

Заслуживает особого внимания тенденция виртуализации организационных систем. За последние два года в условиях широкомасштабной пандемии произошло переосмысление процесса функционирования органов государственного и муниципального управления, предприятий, учебных заведений и других организаций. На первый план выходит поиск эффективных форм обеспечения взаимодействия в сфере управленческой и производственной деятельности. При этом обнажились новые проблемные аспекты функционирования современных информационных и управляющих систем, обусловленные широко применяемым функциональным подходом к их созданию и развитию. В этой связи представляется актуальным исследование процессной основы обеспечения управленческой деятельности, в большей степени свободной от

© Козлов С. В., 2022

консерватизма иерархических систем с жестким централизованным управлением в организационных системах.

1. О переходе от тектоцентрической к холистической парадигме развития организаций

Традиционная концептуальная схема «субъект управления» – «объект управления» трансформируется в концепцию самоорганизации, для реализации которой становится актуальным синергетический подход, а для эволюции организационных систем по достижении предела их традиционного развития наступает период виртуализации бизнес-процессов с переходом от консервативной организационной структуры к более гибкой бизнес-системе. В [1-3] отмечено, что организация это искусственное образование, создаваемое с заранее заданными целями, а бизнес-система представляет собой естественным образом сформировавшуюся проблемно-ориентированную нецелевую систему. Организация имеет четко выраженные границы, тогда как в бизнес-системе аналоги организационных границ отсутствуют, организация создается как альтернатива внешней среде, для нее это, прежде всего пространство, где ведется конкурентная борьба, тогда как бизнес-система гармонично эволюционирует вместе со средой, являясь ее естественной частью Проблемы становления бизнес-систем неразрывно связаны с виртуализацией бизнес-процессов, которые являются элементами бизнес-систем в виртуальном пространстве.

Таким образом, научно-техническое, экономическое и социокультурное развитие общества обусловило появление тенденций, поставивших под сомнение незыблемость тектоцентрической парадигмы в менеджменте, которая базируется на постулате ведущей роли организации (т.е. предприятия, фирмы и т.д.). Долгое время роль организации как основного инструмента бизнеса сомнению не подвергалась. Обоснованно считалось, что именно организация, с одной стороны, создает общественное богатство, а с другой – является субъектом социокультурного процесса. Центральным звеном тектоцентрической парадигмы является признание крайней важности сохранения и развития организации как самостоятельной сущности, а не как гибкой формы совместной деятельности людей. С позиций системного подхода смысл любой организации определяется не только внешним и внутренним строением, а еще и тем, как и чем она себя проявляет в системе, в которую она включена как элемент. В этой связи стратегия развития организации должна следовать в русле стратегии развития ее бизнеса. Оригинальная концепция формирования бизнес-стратегий, названная холистической (греч. Holos – весь, целый, холизм), как «философия целостности», рассматривающая мир как результат

творческой эволюции, которая направляется нематериальными факторами целостности), предложена В.С. Ефремовым [3]. Центральным моментом концепции является понятие бизнес-системы, как глобальной системной функции конкретного бизнеса, реализуемой в рамках, ограниченных снизу уровнем, с которого фирме целесообразно интегрировать свой бизнес в отрасль, и сверху конечными потребностями, на которые нацелен бизнес. Уровень вертикальной интеграции бизнеса, до которого способна подняться или опуститься организация, может в значительной мере изменить ее облик. Фактически, характер встраивания бизнеса в пространство «отрасль-рынок» может обусловить любую организационную структуру от вертикально-интегрированной до виртуальной.

Процессы виртуализации в плане реализации принципа У.Р. Эшби о необходимости достижения большего разнообразия в области процессов управления по отношению к разнообразию управляемой ситуации, управляемой системы в значительной мере расширяют следующие направления развития организационных систем:

1. Управленческое консультирование (консалтинг), расширяющее сферу подготовки управленческих решений и способствующее повышению значимости внешней среды, поскольку происходит «размывание» структуры организационной системы, а организация в некоторой степени сливается с внешней средой. Сфера производства как наиболее консервативный элемент также претерпевает значительные изменения в направлении создания «безлюдного» производства» на основе гибких автоматизированных производственных систем.

2. Создание виртуального инфокоммуникационного пространства, обеспечивающего обмен информацией в реальном масштабе времени в глобальных и локальных масштабах с использованием баз данных большой емкости. Виртуальное коммуникационное пространство способствует быстрому развитию регламентов взаимодействия участников управленческих и производственных процессов.

3. Изменение структурных аспектов организации. Организация в традиционном ее представлении перестает соответствовать реалиям обстановки и должна уступить новым формам взаимодействия участников управленческой и производственной деятельности, а как элемент метасистемы она трансформируется в бизнес-систему, которая, в свою очередь, включена в социальную и культурную среду.

4. Виртуализация определяет социокультурный процесс. Основные системообразующие факторы традиционной организации – цели и структура. Поскольку организация в перспективе перестает быть целевой системой, а структура теряет актуальность, новым системообразующим

фактором становится, прежде всего, организационная культура. Такие тенденции набирают силу и станут доминировать в менеджменте XXI века.

2. Процессная основа для интеграции информационных, управляющих и телекоммуникационных систем

Процессная основа обеспечения управленческой деятельности, как отмечено в [4-10], должна рассматриваться в рамках жизненного цикла систем управления как организационных систем с представлением полной группы процессов организационного, ресурсного и технологического характера, а также с выделением целевых (основных и обеспечивающих) и противодействующих процессов с представлением их в виде полных групп процессов.

Представление полной группы процессов, как показано в [8, 9], осуществляется по признаку их отношения к элементам системы управления. По определению система управления – это взаимоувязанная совокупность органов, центров и средств управления. На этой основе:

– Организационные процессы рассматриваются как процессы, характеризующие взаимодействие органов управления, должностных лиц и специалистов между собой без учета средств управления (алгоритмы взаимодействия, регламенты);

– Организационно-ресурсные процессы характеризуют взаимодействие органов управления с применением ресурсов (информационных, когнитивных, технических и других);

– Технико-технологические процессы характеризуют взаимодействие средств управления между собой без учета человека-оператора.

В развитии систем управления с точки зрения цифровизации как доминирующей технологии, можно выделить три этапа (см. рис.1). При этом развитие систем управления на каждом этапе осуществлялось ранее и проводится в настоящее время в направлении повышения их функциональных возможностей с учетом обеспечения их защиты от угроз. Общее направление развития систем управления рассматривается от узкоспециализированных, монофункциональных систем управления к многофункциональным системам с последовательной интеграцией в их составе новых подсистем. При этом в технологическом плане по мере повышения сложности и возможностей технологий можно выделить автоматизацию, цифровизацию и цифровую трансформацию. Важно отметить, что в развитии управления обычно выделяют автоматизацию функций по выполнению задач управления и автоматизацию процессов управленческой деятельности, реализуемые на основе функционального и процессного подходов, соответственно. На рис. 1 показаны совместные

тренды изменения уровней автоматизации функций и процессов управленческой деятельности. По мере расширения функциональности систем управления и создания интегрированных систем типа C^2, C^3, C^4 возрастает сложность комплексной автоматизации функций по выполнению задач управления, непропорционально быстро растет сложность обеспечения межзадачного взаимодействия. В этой связи снижается уровень функциональной автоматизации и роль функционального подхода, возрастает роль автоматизации процессов.

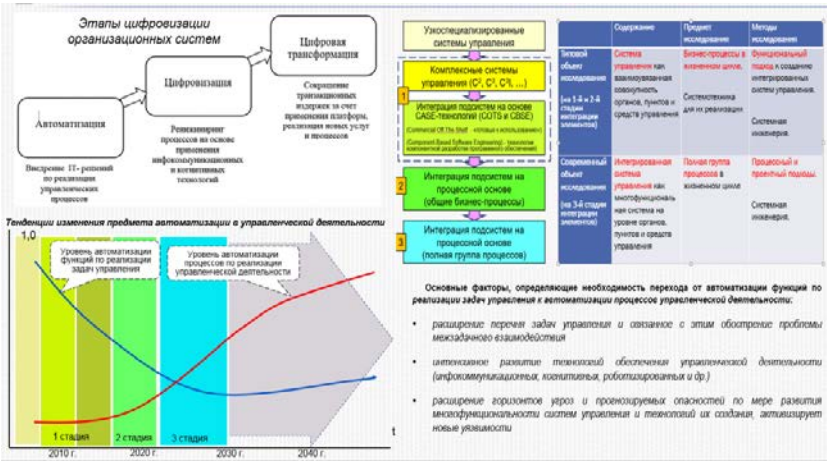


Рис. 1. Основные тенденции развития автоматизации управленческой деятельности и создания автоматизированных информационных систем

Основные факторы, определяющие необходимость перехода от автоматизации функций по реализации задач управления к автоматизации процессов управленческой деятельности [7]:

– Расширение перечня задач управления и обострение проблемы межзадачного взаимодействия;

– Интенсивное развитие технологий обеспечения управленческой деятельности (инфокоммуникационных, когнитивных, роботизированных и др.);

– Расширение горизонтов угроз и прогнозируемых опасностей по мере развития многофункциональности систем управления и технологий их создания активизирует новые уязвимости.

Прогнозируя дальнейшее поведение таких трендов в части применения функционального и процессного подходов, можно с

достаточной уверенностью полагать, что в условиях цифровой трансформации и широкого применения цифровых платформ придется иметь дело с быстрым ростом сложности автоматизации процессов и тогда на уровне обеспечения взаимодействия разнородных платформ наступает ренессанс функционального подхода.

В ряде работ [8-10] обоснованы предложения по расширению области применения процессного подхода от бизнес-процессов к взаимоувязанной системе организационных, организационно-ресурсных (организационно-информационных, организационно-когнитивных, организационно-технических) и технико-технологических процессов, составляющих их полную группу в жизненном цикле интегрированной системы управления по двум видам: основные процессы, направленные на выполнение функционального предназначения системы управления и обеспечивающие процессы, направленные на качественную реализацию основных процессов. Рассматривая полную группу процессов в жизненном цикле систем управления, необходимо отметить, что входы и выходы процессов должны стыковаться как в рамках стадий жизненного цикла, так и между стадиями. В этой связи необходимо учитывать следующие атрибуты процессов:

2. Вход и выход процесса, характеризующиеся общим описанием границ процессов и указанием параметров;

3. Ресурсы, необходимые для реализации процессов (информационные, когнитивные, технические, временные, материальные и др.);

4. Управление процессами (ответственный за реализацию процесса, нормативная база, руководящие, методические документы и др.).

Формирование полной группы процессов (см. рис. 2), должно стать предметом предпроектных исследований, а их оптимизация в части рационального взаимодействия на стыках процессов – предметом ОКР.

Следует отметить, что целью формирования полной группы процессов в жизненном цикле систем управления должно стать также и выявление уязвимостей целевых процессов в условиях реализации противодействующих процессов. Поскольку организационная и технологическая основа противодействующих процессов является идентичной целевым процессам, то появляется возможность проведения моделирования взаимодействия целевых и противодействующих процессов с использованием идентичных их атрибутов. Общая схема взаимодействия целевых и противодействующих процессов в жизненном цикле систем управления может быть представлена в следующем виде, как показано на рис. 3.



Рис. 2. Полная группа процессов (вариант)

Целевые процессы системы управления должны формироваться таким образом, чтобы минимизировать их уязвимости при воздействии негативных факторов, ведущих к увеличению рисков, при этом противодействующие процессы, имея целью нанесение ущерба системе управления, реализуют угрозы для ее целевых процессов, используя при этом уязвимости процессов. На рис. 3 показана типовая схема появления уязвимостей целевых процессов систем управления. Основные причины возникновения уязвимостей могут быть внутрисистемного характера, связанного с несовершенством структуры и алгоритмов функционирования систем, создаваемых как многофункциональные интегрированные системы, и внешнего происхождения, обусловленного преднамеренным воздействием как с использованием имеющихся уязвимостей в системе управления, так и без их учета. Важно отметить, что проблема своевременного выявления и эффективного использования уязвимостей в объектах воздействия приобретает высокую актуальность, поскольку позволяет находить их наиболее слабые звенья, которые, по существу, могут закладываться еще на ранних стадиях жизненного цикла систем управления как потенциальных объектов воздействия и не могут быть преодолены в приемлемые сроки в период их непосредственного применения по предназначению.

Тенденцию повышения сложности систем управления можно пояснить на примере эволюции структуры систем управления от линейной, функциональной к дивизиональной, затем матричной и, в конечном счете к сете-центрической с учетом направлений развития центричности (например, сете-центризм, инфо-центризм, знание-центризм и т.д.). Матричная и сете-центрическая структуры системы управления представляются на основе взаимоувязанных проектной и программно-целевой структуры управления. Проектная структура предполагает централизованное управление всеми элементами системы, а программно-целевая структура придает гибкость системе управления за счет ее адаптации для выполнения конкретных задач.

Объективная необходимость расширения функциональных возможностей системы управления обусловливает приоритетное развитие ее программно-целевой структуры. Представляя типовые направления развития структуры системы управления с точки зрения функционального и процессного подходов, следует отметить, что проектная структура должна определяться на основе комплексного функционального и проектного подходов, а программно-целевая – на основе процессного подхода. Такое предположение позволяет обеспечить взаимоувязанное проектирование структуры и алгоритма функционирования системы управления на основе функционального подхода ее организационной структуры (по вертикали), а на основе процессного подхода – алгоритма взаимодействия органов управления и исполнительных звеньев (по горизонтали).

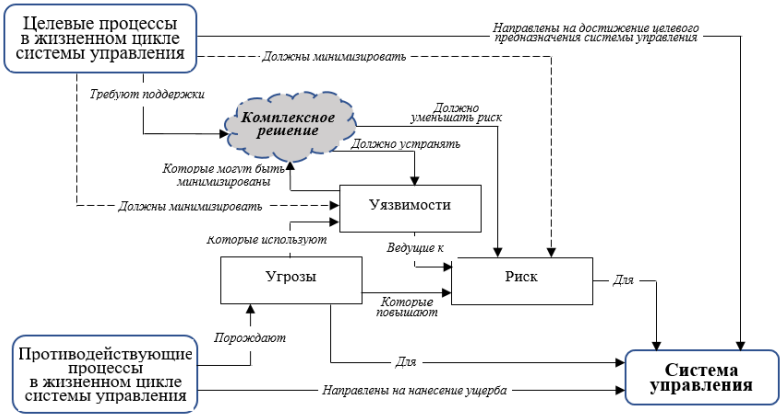


Рис. 3. Типовая схема появления уязвимостей целевых процессов в системе управления

Учитывая неравномерный характер и интенсивность развития систем управления в соответствии с изменением характера и особенностей проявления угроз и прогнозируемых опасностей, наиболее рациональным становится каскадное представление функционального и процессного подходов в рамках эволюции систем управления:

– По мере расширения функциональности систем управления и создания интегрированных систем управления необходимо переходить к формированию процессной структуры для реализации интегрированного процесса управления;

– При дальнейшем усложнении интегрированного процесса управления становится целесообразным представить интегрированную функцию системы управления, направленную на выполнение комплексной задачи управления в условиях сложившегося комплекса угроз;

– Впоследствии по мере расширения перечня интегрированных функций системы управления потребуется снова переходить к формированию сквозных процессов на основе интегрированных процессов управления.

Такая особенность применения основных подходов современного менеджмента свидетельствует о ренессансе функционального подхода благодаря комплексному использованию свойств и особенностей применения функционального и процессного подходов.

Заключение

Развитие систем управления как одного из видов организационных систем в условиях быстротечной эволюции бизнес-процессов в направлении их реализации в виртуальном инфокоммуникационном пространстве обусловливает необходимость всестороннего анализа целевых и противодействующих процессов в жизненном цикле систем управления. Учитывая идентичность структуры таких процессов, представляется весьма важным проводить выявление уязвимостей целевых процессов на уровне каждой из их компонент в составе полной их группы, анализировать причины и обосновывать меры по парированию угроз, создаваемых противодействующими процессами.

Список литературы

1. Современные тенденции развития организационных структур управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.ru/1801690/sovremennye_tendentsii_razvitiya_organizatsionnyh_struktur_upravleniya

2. Методы реинжиниринга бизнес-процессов. Основные принципы и приемы реинжиниринга бизнес-процессов [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: https://ponp.ru/pereplanirovka/metody-reinzhiniringa-biznes-processov-osnovnye-principy-i-priemy.html

3. Ефремов, В. С. Концепция стратегического планирования в бизнес-системах. Дис. ... докт. экон. наук. – М.: 2001. – 328 с.

4. Пригожин, А. И. Методы развития организаций. (Приложение к журналу «Консультант», 9-2003). – М.: МЦФЭР, 2003. – 864 с..

5. Процессный подход в менеджменте. Процессный подход в управлении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.syl.ru/article/167828/new_protsessnyiy-podhod-v-menedjmente-protsessnyiy-podhod-v-upravlenii

6. Процессный подход и современные системы управления организацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://poisk-ru.ru/s26838t5.html

7. Забегалин, Е. В. Концептуальная схема организации процессной автоматизации больших военных организаций // Системы управления, связи и безопасности. – М.: 2020. – Т. 4. – С.1-43.

8. Об эволюции методов процессного подхода к развитию автоматизированных информационно-управляющих систем / С. В. Козлов [и др.] // Качество. Инновации. Образование. – 2018, – № 5 (156). – С. 103-110

9. О направлениях интеграции информационных, управляющих и телекоммуникационных систем на процессной основе / С. В. Козлов [и др.] // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2018. – № 12. – С. 34-40

10. Информационное взаимодействие в распределенных системах ситуационного управления А. А. Зацаринный [и др.]. отв. ред. А. А. Зацаринный. – М.: ТОРУС ПРЕСС. – 2021. – 268 с.

Модели разрушения структур сетевых моделей

О. А. Коновалов, email: Oleg-070707@yandex.ru
В. Н. Забавников, email: Zab_vn@rambler.ru
В. С. Никитин, email: Nikvs@yandex.ru
А. П. Чернышов, email: Cherntol19@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлены модели разрушения структур некоторых видов сложных систем. Проведен анализ критериев разрушения систем древовидной структуры. Рассмотрен метод декомпозиции системы на подсистемы и условия устойчивости систем. Показано, что именно оптимизация является одним способов разрушения структуры сложной системы.*

Ключевые слова: *система, структура, декомпозиция, оптимизация*.

Введение

Современные исследования направлены на освоение новых принципов и глобальных «стандартов» управления организационно-техническими и сетецентрическими системами. Подобные многоуровневые системы сетецентрической интеграции и мобильных объектов различного назначения рассматриваются в качестве полномасштабного применения графодинамических систем с управлением в едином информационнно-функциональном пространстве управления с их взаимодействием в реальном времени [1]. Однако разработка глобальной информационной системы пока остается нерешенным этапом в создании интегрированного пространства управления.

Необходимо отметить, что разрушить или дестабилизировать подсистемы глобальных информационных сетей весьма проблематично. В общем случае проблема разрушения структур систем исследована недостаточно и представляет научный интерес.

1. Формализованная постановка задачи исследования

Пусть известна структура двухуровневой системы. Задачей является декомпозиция системы на относительно независимые подсистемы и дальнейшая их оптимизация с целью разрушения. Получив решение данной задачи и оптимальную структуру новой системы, можно

© Коновалов О. А., Забавников В. Н., Никитин В. С., Чернышов А. П., 2022

утверждать, что ее можно гарантировано разрушить с заданной степенью вероятности.

В случае, если структура двухуровневой системы определяется структурой исходной задачи, то подзадачи нижнего уровня формируются в соответствии с блоками ограничений на переменные, а общие ограничения переносятся в связующую задачу верхнего уровня. Однако такой подход не всегда приводит к желаемым результатам вследствие несоответствия блоков исходной задачи структуре моделируемого объекта, а также при переносе ограничений в задачу верхнего уровня существенно возрастает размерность исходной задачи.

Вследствие разрыва взаимосвязей блоков подсистемы нижнего уровня иерархии формально становятся независимыми. При этом на верхнем уровне реализуется функция согласования решений с целью получения оптимального решения задачи.

При декомпозиции системы путем разложения переменных используются, как правило, следующие способы согласования [2]:

1. Стимулирование. На верхенем уровне иерархии реализуется стимулирование переменных и производится регулирование коэффициентов целевой функции подсистемы нижнего уровня.

2. Фиксирование. На верхенем уровне иерархии фиксируются соответствующие значения параметров, и осуществляется их регулирование.

3. Оценка. На верхенем уровне иерархии указывается диапазон воздействия на переменные с целью влияния на процесс согласования.

4. Прогнозирование. На верхенем уровне иерархии реализуется функция, позволяющая прогнозировать воздействия со стороны других подсистем. Эта функция, как правило, корректируется.

Известные методы декомпозиции системы взаимосвязанных объектов на подсистемы сводятся к разбиению системы на неопределенное число подсистем, но на практике их реальное число не прогнозируемо. Рассмотрим задачу, когда число подсистем априорно.

Пусть задана система взаимосвязанных элементов $S = \{s_1, ...s_m\}$, состоящая из подсиситем A, B и C, для которой задана функция сложности [2] $r(A)$ подсистем $A \subset S$. При этом должны выполняться следующие условия:

$$r(A) \geq 0; , \tag{1}$$

$$r(\varnothing) = 0; \tag{2}$$

$$r(A \cup B) \geq r(A) + f(B). \tag{3}$$

Пусть также задана функция близости (силы связей) $\varphi(A,B)$ подсистем $A,B \subset S$, которая обладает свойствами рефлексивности $\varphi(A,A)=0$ и симметричности $\varphi(A,B)=\varphi(B,A)$ соответственно, и обладающая следующими свойствами:

$$\varphi(A,B) \geq 0;, \tag{4}$$

$$\varphi(A,\varnothing)=0;, \tag{5}$$

$$\varphi(A,B\bigcup C) \geq \varphi(A,B);, \tag{6}$$

$$\varphi(A,B\bigcup C) \leq \varphi(A,B)+\varphi(A,C);, \tag{7}$$

Аналогичным требованиям удовлетворояют и аддитивные функции:

$$\varphi(A,B\bigcup C)=\varphi(A,B)+\varphi(A,C)-\varphi(A,B\bigcap C);, \tag{8}$$

$$r(A\bigcup B)=r(A)+r(B)+\psi(A,B);, \tag{9}$$

Под сложностью подсистемы понимается время выполнения операций, объем поступающей информации, размерность рассматриваемой задачи и т.п. Под функцией силы связей (близости) элементов подсистемы понимается число накладываемых ограничений, интенсивность ресурсных потоков и т.п. [2].

Систему S представим в виде графа $G(S,U)$. В вершинах графа находятся элементы $r(s_m)$, т.е. $s_m \in G$, а дуги графа G отражают взаимосвязь с вершинами $(s_m,s_n) \in U$, характеризуемую дуговыми числами $\varphi(s_m,s_n) \geq 0$.

Определение 1. Декомпозицией системы S будем называть совокупность подситем $\left\{S_j \,\middle|\, j \in J\right\}$, если $S_j \subset S$; $S_j \neq \varnothing$; $S_i \bigcap S_j = \varnothing$, $i \neq j$; $i,j \in J$, $\bigcup\limits_J S_j = S$.

Формализованная постановка задачи поиска оптимальной декомпозиции системы записывается следующим образом:

$$\frac{1}{2}\beta_\varphi \sum_i \sum_j \varphi_r\left(S_i,S_j\right)+\beta_r \sum_j r\left(S_j\right) \to \min, \tag{10}$$

в области ограничений (11)-(15):

$$r\left(S_j\right) \leq \overline{r}, \quad j \in J; \tag{11}$$

$$S_j \neq \varnothing, \quad j \in J; \tag{12}$$

$$j \in J; \tag{13}$$

$$S_i \cap S_j, \quad i, j \in J; \quad i \neq j; \tag{14}$$

$$\bigcup_J S_j = S, \tag{15}$$

где $\bar{r}$ – максимальная допустимая сложность системы, а β_r, β_φ – априорные коэффициенты.

2. Способы и модели разрушения структур сетевых моделей

Частные случаи и некоторые модели структурного разрушения систем простой древовидной структуры рассмотрены в [3]. Рассмотрим их подробнее.

Пусть $G = (S, U)$ – граф, соответствующий структуре системы, где S и U – множества вершин и ребер. Примем, что каждой вершине $s \in S$ поставлены в соответствие веса $\varphi(s)$ и $\overline{\varphi}(s)$, отражающие текущую и предельную загрузку элемента системы.

Пусть $\tilde{S}_t = \left\{\tilde{s}_n^t\right\} \subseteq S$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, $\left|\tilde{S}_t\right|$ – множество вершин, вышедших из строя на момент времени t, а $\xi(\tilde{s}_n^t) = \left\{s_m^n\right\}$ – множество вершин, смежных с вершины $\tilde{s}_n^t$. Тогда процесс структурного разрушения формализуется следующим образом.

В момент $t = 0$ из вершин формируется множество $\tilde{S}_1$, для которого $\varphi_0(\tilde{s}_n) \geq \overline{\varphi}(\tilde{s}_n)$, а в остальные моменты времени $t = 1, 2, 3, \ldots, T$, выполняется правило:

$$\varphi_{t+1}(s_m^n) = \varphi_t(s_m^n) + \varepsilon_n \cdot \overline{\varphi}(\tilde{s}_n), \; m = 1, 2, \ldots, \left|\xi(\tilde{s}_n^t)\right|, \; n = 1, 2, \ldots, \left|\tilde{S}_t\right|, \tag{16}$$

где ε_n – коэффициент распределения загрузки.

Структурное разрушение при $\varepsilon_n = 1/\deg \tilde{s}_n^t$ называется равномерным. Символом $\deg \tilde{s}_n^t$ обозначается степень вершины $\tilde{s}_n^t$. При этом, если $\varphi_{t+1}(s_m^n) \geq \varphi_t(s_m^n)$, то вершина s_m^n удаляется из графа G и $(\tilde{S}_{t+1} + s_m^n)$. В случае равенства $\varphi(s) = \overline{\varphi}(s)$ считается, что элемент системы выходит из строя, а проходящие через него потоки ресурсов и весов равномерно перераспределяются между смежной и удаленной вершиной графа.

В случае разрушения одного или нескольких элементов системы, возможен ее переход в критическое состояние, при котором она не сможет

выполнять свой функции. Система считается разрушенной, если изменения в ее структуре соответствуют критериям отказа. Следовательно, необходимо исследовать различные структуры сложных систем и выявить связь между типом такой структуры и временем структурного разрушения системы T_h.

Частным случаем связного ациклического графа (деревьев) $G = (S, U)$ является граф-цепь $C = (S_C, U_C)$ с множеством вершин S_C, состоящих из двух висячих вершин – концов цепи со степенями равными единице, и внутренних вершин со степенями, равными двум.

В [3] предложены следующие критерии разрушения для графа-цепи $C = (S_C, U_C)$, $|S_C| = l$, $l \geq 3$ с равными для всех его вершин $s \in S_C$ весами $\varphi_0(s)$ и $\overline{\varphi}(s)$. Рассмотрим их подробнее.

1. Критерий полного разрушения $\sigma_0(q)$ (q – число удаленных вершин в начальный момент разрушения). Система считается разрушенной, если в системе вышли из строя все элементы.

2. Критерий связности $\sigma_1(q)$. Система считается вышедшей из строя, если нарушена связность ее структуры при удалении вершин.

3. Компонентный критерий $\sigma_2(q, p)$. Система считается разрушенной, если число компонент в структуре системы при ее разрушении станет больше заданного числа p.

4. Диаметральный критерий $\sigma_3(q, \eta)$. Система считается разрушенной, если диаметр хотя бы одной из компонент структуры системы в процессе разрушения окажется меньше заданного числа η.

Рассмотренные критерии зависят от числа удаленных вершин q в начальный момент времени структурного разрушения, $(p-1)$ – максимального числа компонент структуры при ее разрушении и η – минимального допустимого диаметра компонент структуры при ее разрушении соответственно.

Также в [3] доказано, что всякий граф-цепь будет разрушен в случаях:

1. По критерию $\sigma_0(1)$, если удалить одну из висячих вершин за время $T_h = l$.

2. По критерию $\sigma_0(1)$, если значения $\varphi_0(s)$ и $\overline{\varphi}(s)$ равные для всех вершин графа-цепи и выполняется условие $\overline{\varphi}(s) - \varphi_0(s) \leq \overline{\varphi}(s)/2$, то граф-цепь будет разрушен при удалении одной из внутренних вершин за время $T_h = \varepsilon(s) + 1$, где $\varepsilon(s)$ – эксцентриситет вершины, $s \in V_C$, а также и

центральной вершины за время $T_h = \mu(C)+1$, где $\mu(C)$ – радиус графа-цепи, $C = (S_C, U_C)$.

3. По критерию $\sigma_1(q)$, если удалить хотя бы одну невисячую вершину.

4. По критерию $\sigma_2(q, p)$, если число попарно несмежных внутренних вершин-эпицентров равно $q = p - 1$.

5. По критерию $\sigma_3(q, \eta)$ при удалении центральной вершины (эпицентра) или внутренней вершины, когда она является эпицентром.

Аналогичные случаи разрушения справедливы и для одноцентровых и двухцентровых деревьев за время $T_h = 1$.

Для систем, предназначенных для реализации процессов распределения ресурсов и в основу функционирования которых положены сетевые принципы планирования и управления, предлагается рассмотреть следующий подход к разрушению их структур.

В [4] разработан метод оптимизации структуры сетевой модели путем минимизации резервов времени операций. В основу метода положен алгоритм перераспределения трудовых ресурсов по операциям сетевой модели путем их снятия с некритических операций сетевой модели и перераспределения их на критические. При таком подходе основным условием является нахождение такого момента времени, при котором резервы времени некритических операций будут минимальным (равным нулю).

При выполнении этого условия получим сетевую модель, в которой все пути одинаковы и являются критическими, т.е. оптимальной по структуре. Отметим, что ресурсы в такой сетевой модели распределены оптимально. Для доказательства вышеизложенного подхода рассмотрим следующую теорему [5].

Теорема 1. Для того чтобы время выполнения комплекса операций при заданном распределении ресурсов можно было уменьшить, необходимо и достаточно, чтобы в сетевой модели отсутствовал критический путь.

Необходимость. Рассмотрим доказательство методом от противного. Предположим, что время выполнения комплекса операций можно уменьшить на $\Delta\tau'$, перераспределив ресурсы с некритических операций на критические. Очевидно, что критический путь сетевой модели и временные параметры выполнения операций, с которых будут перераспределяться ресурсы, изменятся, хотя бы при одном таком перераспределении. При этом новые поздние моменты операций, с которых были сняты ресурсы – увеличатся на величину $\Delta\tau'$, считая, что

время выполнения комплекса операций останется прежним. Таким образом, получим, что при том же распределении ресурсов и времени окончания комплекса операций резерв времени операции критического пути увеличится в результате изменения моментов перераспределения ресурсов. Но операции критического пути нельзя увеличить изменением моментов перераспределения ресурсов при постоянных потоках ресурсов и времени окончания комплекса операций.

Достаточность. Рассмотрим разрез сети из дуг (i, j) таких, что полный резерв времени $R^{полн}_{(i,j)} > 0$ и все операции $l_{(i,j)} \in L$ имеют ненулевые резервы времени. Отметим, что функция зависимости скорости выполнения операции от количества ресурсов является кусочно-постоянной, неубывающей, непрерывной справа функцией и равной нулю в нуле. При снятии ресурсов с некритических операций и перераспределении их на критические, уменьшив поздние моменты начала операций и назначения ресурсов на величину $\Delta\tau' = \min_{L} \Delta\tau'_{(ij)}$, время окончания проекта уменьшится на величину $\Delta\tau'$.

Теорема 1 доказана.

Следовательно, если все пути сетевой модели критические, то, очевидно, что «минимально необходимое воздействие» (внешнее или внутреннее) приведет такую систему к разрушению, или дестабилизации параметров сетевой модели (времени функционирования, финансовых и трудовых затрат). Под «минимально необходимым воздействием» могут пониматься методы экономического стимулирования или искусственного конфликта. При этом любая попытка исправить ситуацию приведет систему к дисбалансу.

Заключение

Таким образом, для ряда частных случаев оптимизация теряет свой физический смысл при решении задач оптимального распределения ресурсов, так как является следствием разрушения, дестабилизации и деструктуризации сетевых структур и моделей.

Список литературы

1. Затуливетер, Ю. С. Графодинамические системы с сетецентрическим управлением в математически однородном поле компьютерной информации / Ю. С. Затуливетер, Е. А. Фищенко // Управление большими системами. – 2010. – № 30.1 (Спец. выпуск). – С. 567-604.

2. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении : учебное пособие / В. С. Анфилатов; Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

3. Кочкаров, А. А. Топологические аспекты разрушения сложных систем с ациклической структурой / А. А. Кочкаров, М. Б. Салпагаров, Р. А. Кочкаров // Управление большими системами. – 2007. – № 17. – С. 103-120.

4. Коновалов, О. А. Метод оптимизации структуры детерминированной сетевой модели / О. А. Коновалов, Е. В. Коновальчук, К. А. Малыков, Ю. С. Сербулов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2012. – №2. – С. 111-116.

5. Сербулов, Ю. С. Управление распределением и потенциалом трудовых ресурсов организации при оптимизации структур сетевых моделей : монография / Ю.С. Сербулов, О.А. Коновалов, О.В. Курипта; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВЛГТА». – Воронеж, 2014. – 191 с.

Разработка веб-сервиса для формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш»

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru
Ф. А. Десятириков, email: science2000@ya.ru
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается процесс формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш», а также предлагается более оптимальный подход к его формированию, который положен в основу веб-сервиса для автоматического формирования коммерческого предложения менеджером ООО «ЧерноземАгромаш».*

Ключевые слова: *коммерческое предложение, информационные технологии, электронные документы, веб-сервис.*

Введение

В настоящее время не все организации хотят облегчить повседневный труд своих работников за счет внедрения информационных технологий в деятельность организации, считая, что если сотрудник работает много, то значит он работает эффективно, а любые траты на программные продукты излишни.

Сотрудники некоторых воронежских организаций по-прежнему вынуждены работать с большими объемами данных копируя их из одного документа в другой, что представляет собой очень длительный процесс и влечет за собой ошибки, как показано в [1-3]. Каждая такая ошибка и несвоевременность предоставления информации влияет на репутацию организации и может привести к потере заказчика.

Из всего вышесказанного следует вывод о том, что использование информационных технологий в тех процессах, где идет работа с данными, является обязательным. Даже на основе свободных программных продуктов можно разработать достойный инструмент для ускорения выполнения трудовой функции сотрудника, который не имеет лишних функциональных возможностей и является максимально доступным для любой организации, как показано в [4-6], о таком программном продукте, который предназначен для деятельности менеджера по продажам, пойдет речь в данной статье.

© Копытина Е. А., Десятириков Ф. А., Копытин А. В., 2022

1. Процесс формирования коммерческого предложения

Рассмотрим процесс формирования коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» с помощью диаграммы IDEF0 (см. рис. 1).

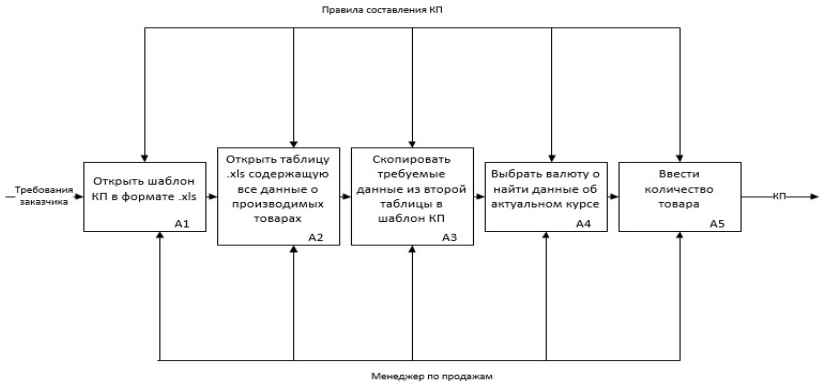


Рис. 1. Декомпозиция исходного процесса формирования коммерческого предложения

Среди проблем существующего подхода к формированию коммерческого предложения менеджером по продажам ООО «ЧерноземАгромаш» можно выделить следующие:

- Отсутствие БД, то есть в ручном режиме приходится копировать данные из одной электронной таблицы в другую.
- Ежедневный поиск информации об актуальном курсе валюты на сайте ЦБ РФ.

Перечисленные проблемы приводят к многочисленным ошибкам в работе менеджера по продажам, следствием чего является срыв заключения договоров с потенциальными заказчиками и ухудшение репутации, как показано в [7,8].

Проанализировав текущий процесс формирования коммерческого предложения, были предложены идеи по его улучшению, которые нашли отражение в диаграмме IDEF0 (см. рис. 2).

Таким образом, процесс формирования коммерческого предложения благодаря внедрению веб-сервиса, разработке которого посвящена данная статья, стал проще и минимизирует количество допускаемых ошибок менеджером по продажам в результате его работы.

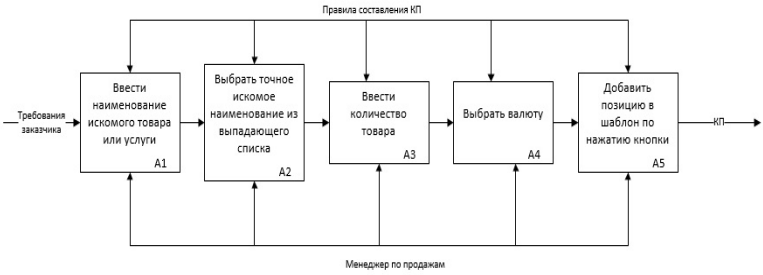


Рис. 2. Декомпозиция измененного процесса формирования коммерческого предложения

2. Реализация веб-сервиса

Разработанный веб-сервис имеет следующие функциональные возможности:

– Возможность автоматически генерировать коммерческое предложение путем вставки выбранных данных в шаблон формата .xls.

– Наличие единой БД, в которой хранится вся информация по предоставляемым товарам и услугам.

– Перерасчет стоимости товаров и услуг в соответствии с актуальным курсом, выбранной пользователем валюты.

– Автоматическая вставка в шаблон формата .xls текущей даты.

– Наличие информационного раздела, который напоминает пользователю правила работы с веб-сервисом, позволяет связаться с разработчиком и предоставляет контакты ООО «ЧерноземАгромаш».

В качестве средств реализации веб-сервиса по формированию коммерческого предложения использованы: объектно-ориентированный язык Python, микрофреймворк Flask, HTML, CSS, библиотека xlsxwriter, библиотека pycbrf, СУБД SQLite Studio.

Перечислим основные модули веб-сервиса: main, __all_models, db_session, rates, search_and_show_org, validation, work_with_db, write_in_pattern.

А также были разработаны следующие шаблоны, содержащиеся в папке templates: authentification.html, base.html, contact.html, error.html, help.html, info.html, login.html, refere_to_us.html, refere_to_us_thanks.html, register_me.html, register_me_thanks.html, search_form.html, send_form.html. При разработке шаблонов применен механизм наследования: шаблоны наследованы от base.html.

Также разработана БД, которая представлена с помощью ER-диаграммы ниже (см. рис. 3).

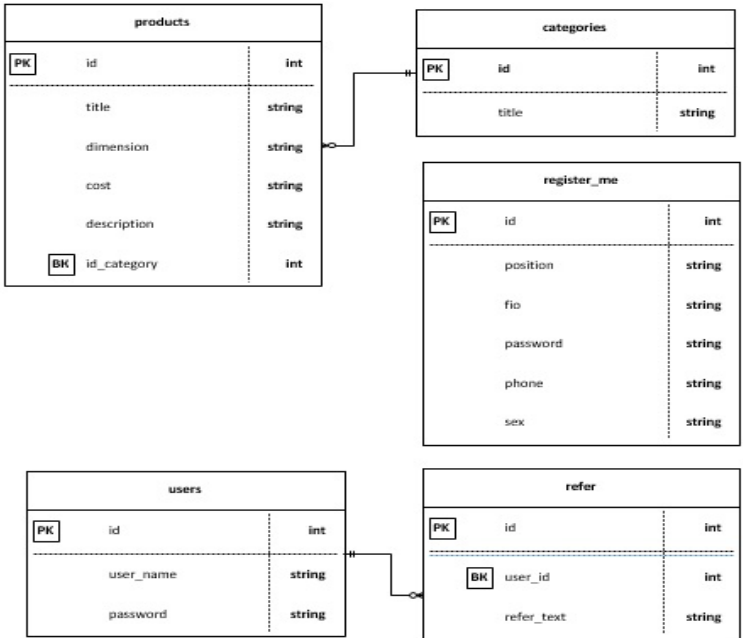


Рис. 3. ER-диаграмма БД веб-сервиса

Пользователь проходит аутентификацию прежде, чем воспользоваться всеми реализованными функциональными возможностями (см. рис. 4).



Рис. 4. Страница аутентификации пользователя

После прохождения аутентификации пользователь попадает на страницу, где ему предлагается выбрать категорию (товары или услуги) и начать вводить название искомой позиции товара или услуги (регистр ввода не важен) (см. рис. 5).

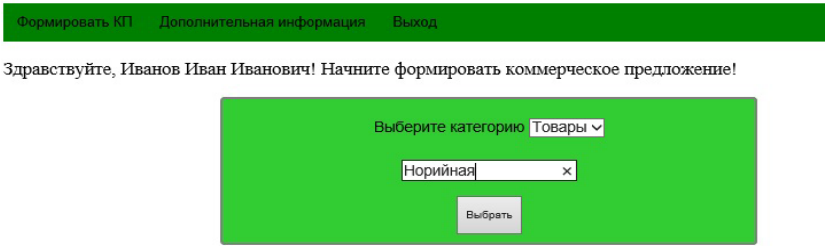


Рис. 5. Страница выбора категории

При нажатии на кнопку «Выбрать» происходит переход на страницу с перечнем найденных для пользователя наименований позиций, которые содержат введенное им ранее название товара или услуги (см. рис. 6). Пользователь также на этой странице вводит количество, выбирает валюту.

При неверном вводе количества пользователь снова попадает на эту страницу, где введенные ранее данные будут очищены.

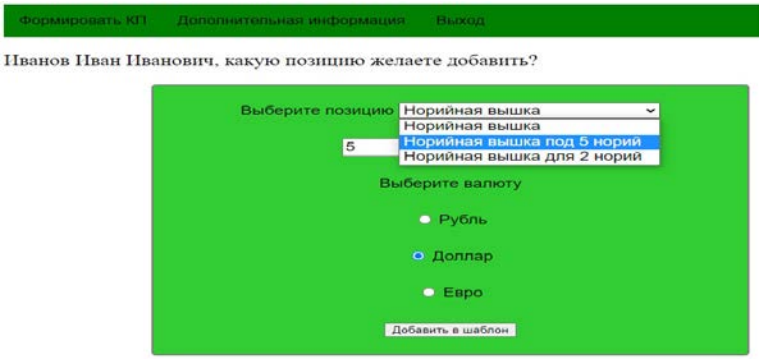


Рис. 6. Страница выбора товара

При нажатии на кнопку «Добавить в шаблон» данные о выбранной позиции товара или услуги добавляются в предварительно сформированный шаблон .xls. Текущая дата и актуальный курс валюты также будут вставлены автоматически. Ниже представлен итоговый вид шаблона сформированного коммерческого предложения (см. рис. 7).



Коммерческое предложение

Заказчик:
Адрес объекта:
Исполнитель: ООО "ЧерноземАгромаш"

г. Воронеж	Курс евро	89,63	на	21.05.2021

№ п/	Наименование	Ед. изм	Кол-в	Цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
1	Норийная вышка под 5 норий	шт.	5	3 325 000,00р.	16 625 000,00р.
2	Задвижка шиберная электрическая 300*300	шт.	2	86 000,00р.	172 000,00р.
3	Монтаж электрокабельной продукции и	комп.	1	4 865 000,00р.	4 865 000,00р.
4	Клапан перекидной электрический	шт.	1	86 000,00р.	86 000,00р.
5	Система аспирации на БЛС-150	шт.	1	710 000,00р.	710 000,00р.
6	Бетонные работы	м3	1	18 000,00р.	18 000,00р.
				Итого отечественного оборудования по узлу:	22 458 000,00р.
				В том числе НДС :	3 425 796,61р.
				Итого отечественного оборудования по узлу:	250 563,43 €

Рис. 7. Сгенерированное коммерческое предложение

Заключение

В результате проведенной работы был изучен процесс формирования коммерческого предложения в ООО «ЧерноземАгромаш», который был неоптимальным по следующим причинам:

– В ручном режиме приходилось постоянно копировать данные из одной электронной таблицы в другую.

– Ежедневно приходилось искать данные об актуальном курсе валют ЦБ РФ.

Исходя из выявленных недостатков процесса формирования коммерческого предложения был предложен более оптимальный процесс, который и лег в основу работы веб-сервиса.

Разработанный веб-сервис позволяет менеджеру по продажам ООО «ЧерноземАгромаш» автоматически формировать коммерческое предложение путем вставки выбранных данных в предварительно подготовленный единожды шаблон формата .xls, также были реализованы следующие функциональные возможности:

– Наличие единой БД, в которой хранится вся информация по предоставляемым товарам и услугам.

– Перерасчет стоимости товаров и услуг в соответствии с актуальным курсом, выбранной пользователем валюты.

– Автоматическая вставка в шаблон формата .xls текущей даты.

– Наличие информационного раздела, который напоминает пользователю правила работы с веб-сервисом, позволяет связаться с разработчиком и посмотреть контакты организации.

Список литературы

1. Подольский, К. Д. Формирование предварительного коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» средствами MS Excel / К. Д. Подольский, Я. Э. Головин // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ : Сборник научных работ. В 2-х частях / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2020. – С. 143-147.
2. Кропачев, А. Н. Формирование отчета деятельности наркоконтроля по Воронежской области средствами офисных приложений / А. Н. Кропачев // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ: Сборник статей / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», 2021. – С. 80-84.
3. Копытина, Е. А. Табличные процессоры. Базовый уровень / Е. А. Копытина // Опорный образовательный центр: Учебное пособие: сборник кейсов за 2021 год по развитию цифровых компетенций обучающихся по программам среднего профессионального и высшего образования. – Казань: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис», 2021. – С. 97-99.
4. Копытина, Е. А. Бизнес-аналитика в libreoffice Calc : Учебно-методическое пособие / Е. А. Копытина, А. В. Копытин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2021. – 72 с.
5. Копытин, А. В. О распределении вознаграждений в проектах / А. В. Копытин, Д. И. Соломатин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 72-76.
6. Васянкин, А. А. Модификация понятия «электронный документ» в системе электронного документооборота / А. А. Васянкин, Э. В. Кузьмина // Кайгородовские чтения : Материалы региональной научно-практической конференции, Краснодар, 29 апреля 2010 года / Краснодарский государственный университет культуры и исскуств. – Краснодар: Краснодарский государственный университет культуры и искусств, 2010. – С. 75-79.
7. Reliability assessment of gas supply to individual consumers using digital modeling / G. N. Martynenko, N. A. Petrikeeva, S. A. Gorskikh, A. A. Gorskikh // The II "International Theoretical and Practical Conference on Alternative and Smart Energy": Conference proceedings, Voronezh, 16–18 сентября 2020 года. – Voronezh: Воронежский государственный технический университет, 2021. – P. 12025.
8. Балахонская, Л. В. Коммерческое предложение как текст бизнес-коммуникации / Л. В. Балахонская // МЕДИА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. 59-е ПЕТЕРБУРГСКИЕ ЧТЕНИЯ : сборник материалов Международного научного форума, Санкт-Петербург, 09–12 ноября 2020 года / Институт «Высшая школа журналистики и массовых коммуникаций» Санкт-Петербургского государственного университета. – Санкт-Петербург: Медиапапир, 2020. – С. 142 143.

Разработка приложения для идентификации параметров пространственно-распределенных динамических систем с использованием комбинированных методов

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложен комбинированный метод идентификации уравнений математической физики, описывающих динамику пространственно-распределенных процессов, на основе экспериментальных многомерных временных рядов. Первой составляющей метода является получение МНК-оценок параметров разностной схемы Кранка-Николсон. Однако, эти оценки оказываются смещенными в силу наличия ошибок в регрессорах. С целью уменьшения указанного смещения в качестве второй составляющей метода применяется расширенный фильтр Калмана. Приводится вычислительный эксперимент, подтверждающий эффективность предложенной методики с использованием разработанного приложения.*

Ключевые слова: *приложение, ИТ, оценка параметров, МНК, разностная схема Кранка-Николсон, расширенный фильтр Калмана, комбинированные методы.*

Введение

Задачи идентификации параметров динамических систем являются одними из важнейших задач технических, экономических и социальных приложений. Им посвящено большое число работ. При этом большинство исследований посвящено стационарным системам с сосредоточенными параметрами (см., например, [1-7]). Значительно меньше работ посвящено идентификации динамических систем и систем с распределенными параметрами, причем в большинстве этих работ рассматриваются приближенные методы, в том числе, основанные на обработке наблюдений многомерных временных рядов в узлах разностных схем, аппроксимирующих соответствующие дифференциальные уравнения [8-10].

В представленном исследовании для параметрической идентификации модели распределенного динамического объекта предлагается комбинация фильтра Калмана и простого МНК, служащего для оценки начальной точки рекурсивных вычислений.

© Копытина Е. А., Копытин А. В., 2022

1. Постановка задачи

Рассмотрим распределенную динамическую систему, описываемую дифференциальным уравнением в частных производных с начальными и граничными условиями, которое имеет следующий общий вид:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = D\frac{\partial^2 x}{\partial z^2} - v\frac{\partial x}{\partial z}, \tag{1}$$

$$x(0,z) = \varphi(z),$$

$$x(t,z^{\min}) = f_1(t), \quad x(t,z^{\max}) = f_2(t).$$

где $D \geq 0$ – коэффициент диффузии, $v \geq 0$ – скорость адвекции, z – пространственная координата.

Источником информации о поведении системы являются данные натурных измерений переменной x_i^k с погрешностью ε_i^k в виде нормального «белого шума» – $y_i^k = x_i^k + \varepsilon_i^k$ с математическим ожиданием $M(\varepsilon_i^k) = 0$ и $\mathrm{cov}(\varepsilon_i^k, \varepsilon_j^l) = 0$, в последовательные моменты времени t_k, $k = 0,1,\ldots,n$, в узлах одномерной пространственной регулярной сетки $i = 0,1,\ldots,m-1$, т. е. многомерный временной ряд. Рассмотрение одномерной сетки ничем не ограничивает дальнейшие исследования, зато позволяет избежать громоздких построений, характерных для плоских и объемных пространств.

Задача заключается в идентификации процессов конвективной диффузии на основе анализа многомерных временных рядов и разработке алгоритмов параметрической идентификации механистической модели с постоянными коэффициентами по наблюдаемым значениям y_i^k.

2. Идентификация параметров методом наименьших квадратов

Для применения метода наименьших квадратов, , составим явную четырехточечную разностную схему для уравнения **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, заменив точные значения решения в узлах сетки x_i^k на наблюдаемые значения y_i^k:

$$\frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} = D\frac{y_{i+1}^k - 2y_i^k + y_{i-1}^k}{(\Delta z)^2} - v\frac{y_{i+1}^k - y_{i-1}^k}{2\Delta z} + \varsigma_i^k, \tag{2}$$

неявную четырехточечную разностную схему:

$$\frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} = D\frac{y_{i+1}^{k+1} - 2y_i^{k+1} + y_{i-1}^{k+1}}{(\Delta z)^2} - v\frac{y_{i+1}^{k+1} - y_{i-1}^{k+1}}{2\Delta z} + \upsilon_i^k, \tag{3}$$

а также схему Кранка-Николсон:

$$\frac{y_i^{k+1}-y_i^k}{\Delta t}=\frac{D}{2(\Delta z)^2}\left(\left(y_{i+1}^{k+1}-2y_i^{k+1}+y_{i-1}^{k+1}\right)+\left(y_{i+1}^k-2y_i^k+y_{i-1}^k\right)\right)-$$
$$-\frac{v}{4\Delta z}\left(\left(y_{i+1}^{k+1}-y_{i-1}^{k+1}\right)+\left(y_{i+1}^k-y_{i-1}^k\right)\right)+\zeta_i^k, \quad (4)$$

где ς_i^k, υ_i^k и ζ_i^k – случайные ошибки. Изменяя i от 1 до $m-2$ и k от 0 до $n-1$, получаем систему линейных относительно параметров D и v уравнений вида (2), (3) или (4). Любая из этих систем может быть использована для получения МНК-оценок неизвестных параметров D и v, но, как показывает проведенный в ходе исследования эксперимент, наиболее точные оценки получаются при использовании уравнений вида (4), т. е. схемы Кранка-Николсон. Однако, и в этом случае МНК-оценки параметров v и D будут смещенными из-за наличия ошибок в регрессорах, как показано в [11, 12].

Повышения точности решения задачи идентификации параметров уравнения (1) можно достичь на основе комбинирования методов идентификации, а именно комбинации расширенного фильтра Калмана и метода наименьших квадратов.

3. Приложение для идентификации параметров пространственно-распределенных динамических систем на основе комбинированных методов

Для разработки приложения был выбран объектно-ориентированный язык программирования Python.

Средой разработки приложения является PyCharm. Для разработки графического пользовательского интерфейса использован Qt Designer. Библиотека numpy использована для работы с вычислительной математикой. Библиотека matplotlib требовалась для создания статических визуализаций на Python.

Разработанное приложение состоит из следующих программных модулей:

1. main;
2. kalman_filters;
3. adv_diff_kalman_all [13].

Поскольку пользователь взаимодействует с приложением посредством графического пользовательского интерфейса были разработаны следующие формы:

1. main_form.ui;
2. table_form.ui.

Модуль main служит для запуска формы main_form.ui для ввода параметров и выбора способа отображения результатов исследования. Интерфейс формы main_form.ui представлен на рис. 1.

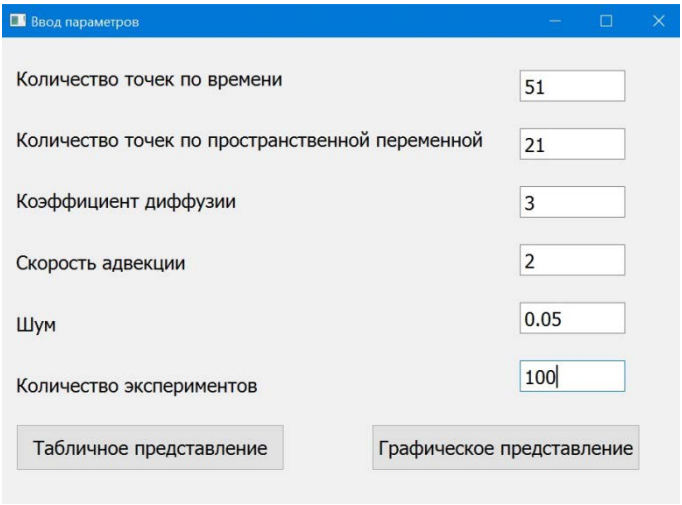


Рис. 1. Форма ввода параметров

Модуль kalman_filters содержит в себе следующие функции:

1. explicit_kf;
2. implicit_kf;
3. kf_crank_nicolson.

Модуль kalman_filters служит для задания явной, неявной разностных схем и схемы Кранка-Николсон. Модуль adv_diff_kalman_all служит для реализации самого вычислительного эксперимента в результате, которого будет произведен расчет средней абсолютной ошибки в процентах для каждого из методов идентификации параметров пространственно-распределенной динамической системы, а именно:

– МНК, как самостоятельного метода.

– Комбинации методов: расширенного фильтра Калмана, построенного на основе явной разностной схемы, где в качестве начальной точки выступает точка, найденная МНК.

– Комбинации методов: расширенного фильтра Калмана, построенного на основе неявной разностной схемы, где в качестве начальной точки выступает точка, найденная МНК.

– Комбинации методов: расширенного фильтра Калмана, построенного на основе схемы Кранка-Николсон, где в качестве начальной точки выступает произвольная точка.

– Комбинации методов: расширенного фильтра Калмана, построенного на основе схемы Кранка-Николсон, где в качестве начальной точки выступает точка, найденная МНК.

Результаты вычислительного эксперимента при нажатии кнопки «Табличное представление» формы main_form.ui будут отображены в виде таблицы на форме table_form.ui, как показано на рис. 2.

	1	2
1	60.7843	19.6170
2	16.0051	26.2336
3	7.0096	16.2599
4	4.3444	6.9399
5	0.9760	2.1070

Рис. 2. Табличное представление результатов вычислительного эксперимента

При выборе графического представления на форме main_form.ui будет открыто окно с результатами вычислительного эксперимента в виде графика (см. рис. 3).

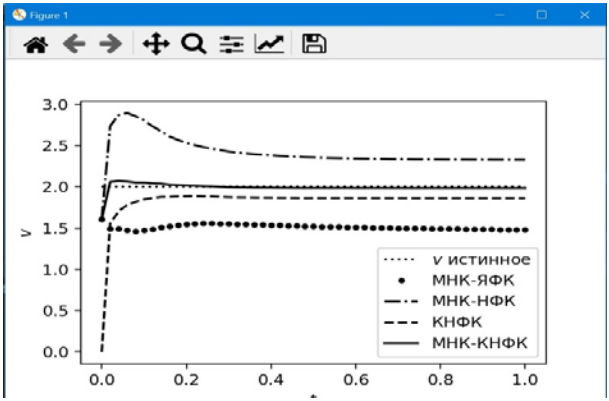


Рис. 3. Графическое представление результатов вычислительного эксперимента

4. Обсуждение результатов вычислительного эксперимента

Сравним результаты работы данного метода с результатами методов, предложенных в работах [10] и [14].

Рассмотрим следующее решение уравнения **Ошибка! Источник ссылки не найден.**:

$$x(t,z)=\exp\left(\frac{v}{2D}\left(z-\frac{vt}{2}\right)\right)(\exp(\text{-}Dt)\sin(z)+\exp(\text{-}4Dz)\sin(2z)+\text{ex} \quad (5)$$

в прямоугольной области $[0,\,1]\times[1,\,3]$ при значениях параметров D и v равных соответственно 3 и 2. График решения представлен на рис.4.

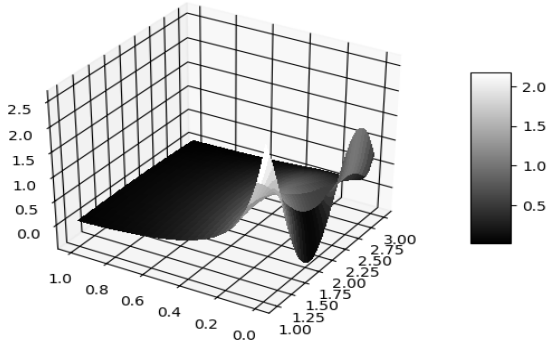


Рис. 4. График решения уравнения (1)

Далее к значениям x_i^k численного решения в узлах пространственно-временной сетки с некоторым шагом Δl по пространственной координате и некоторым шагом Δt по времени добавим смоделированную с помощью генератора случайных чисел погрешность в виде нормального «белого шума» с некоторой дисперсией σ и по полученным значениям y_i^k найдем сначала МНК-оценки параметров уравнения (1) применяя алгоритмы расширенного фильтра Калмана, построенные по схеме Кранка-Николсон.

В экспериментах будем использовать значения стандартного отклонения случайной погрешности наблюдений σ равное 2%, 5% и 10% от среднего значения модуля решения (5) в узлах сетки, что соответствует низкому, среднему и высокому уровню погрешности. Возьмем $\Delta l = 0.02$ и $\Delta t = 0.02$.

Модельный эксперимент многократно повторим (200 раз) по каждому методу получения оценок и при каждом уровне интенсивности

помехи, что позволит получить средние значения оценок параметров D и v методом наименьших квадратов (МНК), комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по явной разностной схеме (МНК-ЯФК), комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по неявной разностной схеме (МНК-НФК), расширенным фильтром Калмана, построенным по схеме Кранка-Николсон с произвольным выбором начального значения вектора параметров $\hat{\boldsymbol{\theta}}_0$ (КНФК), $\hat{\boldsymbol{\theta}}_0 = (0,0)^T$, и комбинацией МНК с расширенным фильтром Калмана, построенным по схеме Кранка-Николсон (МНК-КНФК). Результаты моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты моделирования при $\Delta t = 0.02$

Погрешность	2%		5%		10%	
Параметры	*D*	*v*	*D*	*v*	*D*	*v*
МНК	22.59	22.14	31.56	21.07	48.61	19.61
МНК-ЯФК	10.11	20.55	10.35	20.76	11.71	22.00
МНК-НФК	8.31	17.67	8.27	17.69	7.72	17.11
Погрешность	2%		5%		10%	
Параметры	*D*	*v*	*D*	*v*	*D*	*v*
КНФК	3.63	6.16	3.68	6.24	3.93	6.50
МНК-КНФК	0.44	0.59	0.32	0.61	0.47	1.16

Из табл. 1 видно, что расширенный фильтр Калмана дает наилучшие результаты из всех представленных методов.

Заключение

Проведенные исследования с использованием разработанного приложения, о котором говорится в статье, показывают, что комбинирование МНК и расширенного фильтра Калмана, построенного по разностной схеме Кранка-Николсон, как показывают результаты табл. 1, существенно улучшает качество оценки за счет рационального выбора начальных значений начального приближения рекурсивной процедуры фильтра Калмана в форме смещенных МНК-оценок.

Список литературы

1. A Bayesian approach to parameter estimation in HIV dynamical models / H. Putter [и др.] // Statistics in Medicine. – 2002. – Vol. 21. – P. 2199–2214.

2. Huang, Y. Hierarchical Bayesian methods for estimation of parameters in a longitudinal HIV dynamic system / Y. Huang, D. Liu, H. Wu // Biometrics. – 2006. – Vol. 62. – P. 413–423.

3. Huang, Y. A Bayesian approach for estimating antiviral efficacy in HIV dynamic models / Y. Huang, H. Wu // Journal of Applied Statistics. – 2006. – Vol. 33. – P. 155–174.

4. Parameter estimation for differential equations: a generalized smoothing approach (with discussion) / J. O. Ramsay [и др.] // Journal of the Royal Statistical Society. Series B. – 2007. – Vol. 69. – P. 741–796.

5. Liang, H. Parameter estimation for differential equation models using a framework of measurement error in regression models / H. Liang, H. Wu // Journal of the American Statistical Association. – 2008. – Vol. 103. – P. 1570–1583.

6. Chen, J. Efficient local estimation for time-varying coefficients in deterministic dynamic models with applications to HIV-1 dynamics / J. Chen, H. Wu // Journal of the American Statistical Association. – 2008. – Vol. 103. – P. 369–384.

7. Cao, J. Penalized nonlinear least squares estimation of time-varying parameters in ordinary differential equations / J. Cao, J. Z. Huang, H. Wu // Journal of Computational and Graphical Statistics. – 2012. – Vol. 21. – P. 42–56.

8. Muller, T. Fitting parameters in partial differential equations from partially observed noisy data / T. Muller, J. Timmer // Physical Review. – 2002. – Vol. 171. – P. 1-7.

9. Muller, T. Parameter identification techniques for partial differential equations / T. Muller, J. Timmer // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2004. – Vol. 14. – P. 2053-2060.

10. Parameter estimation of partial differential equation models / X. Xun [и др.] // Journal of the American Statistical Association. – 2013. – Vol. 108. – P. 1009–1020.

11. Ben-Moshe, D. Identification of linear regressions with errors in all variables / D. Ben-Moshe // Econometric Theory. – 2020. – P. 1-31.

12. Копытин, А. В. Идентификация распределенной динамической системы с использованием расширенного фильтра Калмана / А. В. Копытин, Е. А. Копытина, М. Г. Матвеев // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 2. – С. 75-83. – DOI 10.14357/20718632210208.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617892 Российская Федерация. Применение расширенного фильтра Калмана в распределенных динамических системах: № 2021617140: заявл. 13.05.2021: опубл. 20.05.2021 / Е. А. Копытина, А. В. Копытин; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».

14. Копытин, А. В. Применение интегрального метода идентификации параметров распределенной динамической системы / А. В. Копытин, Е. А. Копытина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 21-26.

Идентификация параметров распределенной динамической системы, описываемой одномерным уравнением диффузии-адвекции-реакции, с применением расширенного фильтра Калмана

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложен комбинированный метод идентификации уравнений математической физики, описывающих динамику пространственно-распределенных процессов, на основе одномерного уравнения диффузии-адвекции-реакции. Первой составляющей метода является получение МНК-оценок параметров разностной схемы Кранка-Николсон. Однако, эти оценки оказываются смещенными в силу наличия ошибок в регрессорах. С целью уменьшения указанного смещения в качестве второй составляющей метода применяется расширенный фильтр Калмана. Приводится вычислительный эксперимент, подтверждающий эффективность предложенной методики.*

Ключевые слова: *оценка параметров, МНК, разностная схема Кранка-Николсон, расширенный фильтр Калмана.*

Введение

Задачи идентификации параметров динамических систем являются одними из важнейших задач технических, экономических и социальных приложений. Им посвящено большое число работ. При этом большинство исследований посвящено стационарным системам с сосредоточенными параметрами (см., например, [1-7]). Значительно меньше работ посвящено идентификации динамических систем и систем с распределенными параметрами, причем в большинстве этих работ рассматриваются приближенные методы, в том числе, основанные на обработке наблюдений многомерных временных рядов в узлах разностных схем, аппроксимирующих соответствующие дифференциальные уравнения [8-10].

В представленном исследовании для параметрической идентификации модели распределенного динамического объекта

© Копытина Е. А., Копытин А. В., Матвеев М. Г., 2022

предлагается комбинация фильтра Калмана и простого МНК, служащего для оценки начальной точки рекурсивных вычислений.

1. Постановка задачи

Рассмотрим распределенную динамическую систему, описываемую одномерным уравнением диффузии-адвекции-реакции:

$$\frac{\partial x(t,l)}{\partial t} = p_D \frac{\partial^2 x(t,l)}{\partial l^2} + p_S \frac{\partial x(t,l)}{\partial l} + p_A x(t,l), \qquad (1)$$

где $\mathbf{p} = (p_D, p_S, p_A)^T$ – вектор оцениваемых параметров. Пусть $\{(t_k, l_i) : k = 1,\ldots,n;\ i = 0,\ldots,m-1\}$ – регулярная прямоугольная сетка с шагом Δt по времени и шагом Δl по пространственной переменной, в узлах которой мы наблюдаем значения функции x с некоторой погрешностью. Обозначим $x_i^k = x(t_k, l_i)$. Пусть $y_i^k = x_i^k + \varepsilon_i^k$ – наблюдаемые значения, где ε_i^k – независимые одинаково распределенные по нормальному закону ошибки измерений с нулевым математическим ожиданием и стандартным отклонением σ. Задача состоит в оценке неизвестных параметров $\mathbf{p}$ уравнения (1) по зашумленным данным.

2. Идентификация параметров методом наименьших квадратов

Для применения метода наименьших квадратов, составим явную четырехточечную разностную схему для уравнения (1), заменив точные значения решения в узлах сетки x_i^k на наблюдаемые значения y_i^k:

$$\frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} = p_D \frac{y_{i+1}^k - 2y_i^k + y_{i-1}^k}{(\Delta l)^2} + p_S \frac{y_{i+1}^k - y_{i-1}^k}{2\Delta l} + p_A y_i^k + \varsigma_i^k, \qquad (2)$$

неявную четырехточечную разностную схему:

$$\frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} = p_D \frac{y_{i+1}^{k+1} - 2y_i^{k+1} + y_{i-1}^{k+1}}{(\Delta l)^2} + p_S \frac{y_{i+1}^{k+1} - y_{i-1}^{k+1}}{2\Delta l} + p_A y_i^{k+1} + \upsilon_i^k, \qquad (3)$$

а также схему Кранка-Николсон:

$$\begin{aligned} \frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} &= \frac{p_D}{2(\Delta l)^2}\left(\left(y_{i+1}^{k+1} - 2y_i^{k+1} + y_{i-1}^{k+1}\right) + \left(y_{i+1}^k - 2y_i^k + y_{i-1}^k\right)\right) + \\ &+ \frac{p_S}{4\Delta l}\left(\left(y_{i+1}^{k+1} - y_{i-1}^{k+1}\right) + \left(y_{i+1}^k - y_{i-1}^k\right)\right) + \frac{p_A}{2}(y_i^{k+1} + y_i^k) + \zeta_i^k, \end{aligned} \qquad (4)$$

где ς_i^k, υ_i^k и ζ_i^k – случайные ошибки. Изменяя i от 1 до $m-2$ и k от 0 до $n-1$, получаем систему линейных относительно параметров p_D, p_S и p_A уравнений вида (2), (3) или (4). Каждая из этих систем может быть

использована для получения МНК-оценок неизвестных параметров p_D, p_S и p_A. Однако, в любом случае МНК-оценки параметров p_D, p_S и p_A будут смещенными из-за наличия ошибок в регрессорах, как показано в [11].

Повышения точности решения задачи идентификации параметров уравнения (1) можно достичь на основе комбинирования методов идентификации.

3. Применение комбинации расширенного фильтра Калмана и метода наименьших квадратов

Уравнения (2), но уже для точного решения x, можно записать в виде:

$$(\theta_2-\theta_1)x_{i-1}^{k+1}+(1+2\theta_1-\theta_3)x_i^{k+1}-(\theta_1+\theta_2)x_{i+1}^{k+1}=$$
$$=(\theta_1-\theta_2)x_{i-1}^{k}+(1-2\theta_1+\theta_3)x_i^{k}+(\theta_1+\theta_2)x_{i+1}^{k},$$

где $\theta_1=\dfrac{p_D\Delta t}{2(\Delta l)^2}$, $\theta_2=\dfrac{p_S\Delta t}{4\Delta l}$, $\theta_3=\dfrac{p_A\Delta t}{2}$, $i=1,\ldots,m-2$, $k=0,\ldots,n-1$.

Или в матричном виде:

$$\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{x}_{k+1}=\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{x}_k+\boldsymbol{\Gamma}(\boldsymbol{\theta})(x_0^k,x_0^{k+1},x_{m-1}^k,x_{m-1}^{k+1})^T,\ k=0,\ldots,n-1, \qquad (5)$$

где $\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta})$ и $\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})$ – трехдиагональные матрицы размера $(m-2)\times(m-2)$, зависящие от вектора параметров $\boldsymbol{\theta}=(\theta_1,\theta_2,\theta_3)^T$, следующего вида:

$$\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta})=\begin{pmatrix}1+2\theta_1-\theta_3 & -\theta_1-\theta_2 & 0 & 0 & \ldots & 0\\ \theta_2-\theta_1 & 1+2\theta_1-\theta_3 & -\theta_1-\theta_2 & 0 & \ldots & 0\\ 0 & \theta_2-\theta_1 & 1+2\theta_1-\theta_3 & -\theta_1-\theta_2 & \ldots & 0\\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots\\ 0 & \ldots & 0 & \theta_2-\theta_1 & 1+2\theta_1-\theta_3 & -\theta_1-\theta_2\\ 0 & \ldots & 0 & 0 & \theta_2-\theta_1 & 1+2\theta_1-\theta_3\end{pmatrix},$$

$$\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})=\begin{pmatrix}1-2\theta_1+\theta_3 & \theta_1+\theta_2 & 0 & 0 & \ldots & 0\\ \theta_1-\theta_2 & 1-2\theta_1+\theta_3 & \theta_1+\theta_2 & 0 & \ldots & 0\\ 0 & \theta_1-\theta_2 & 1-2\theta_1+\theta_3 & \theta_1+\theta_2 & \ldots & 0\\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots\\ 0 & \ldots & 0 & \theta_1-\theta_2 & 1-2\theta_1+\theta_3 & \theta_1+\theta_2\\ 0 & \ldots & 0 & 0 & \theta_1-\theta_2 & 1-2\theta_1+\theta_3\end{pmatrix},$$

$\mathbf{x}_k = (x_1^k, x_2^k, \ldots, x_{m-2}^k)^T$ – вектор размера $(m-2)\times 1$, а $\mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta})$ – матрица размера $(m-2)\times 4$, также зависящая от вектора $\boldsymbol{\theta}$, следующего вида:

$$\mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta}) = \begin{pmatrix} \theta_1 - \theta_2 & \theta_1 - \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \theta_1 + \theta_2 & \theta_1 + \theta_2 \end{pmatrix}.$$

В силу невырожденности матрицы $\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta})$ умножим левую и правую части уравнений (3) на обратную матрицу $\mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta})$. Получим

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta})\left(\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{x}_k + \mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta})(x_0^k, x_0^{k+1}, x_{m-1}^k, x_{m-1}^{k+1})^T\right),\ k = 0, \ldots, n-1. \quad (6)$$

Тогда рассматриваемая нами линейная динамическая модель может быть записана в пространстве состояний следующим образом:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{x}_k + \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta})\mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta})(\mathbf{u}_k + \boldsymbol{\xi}_k), \\ \mathbf{y}_k = \mathbf{x}_k + \boldsymbol{\eta}_k, \end{cases} \quad (7)$$

где $\mathbf{u}_k = (y_0^k, y_0^{k+1}, y_{m-1}^k, y_{m-1}^{k+1})^T$ интерпретируется в терминах фильтра Калмана как вектор управляющих воздействий, $\boldsymbol{\xi}_k = -(\varepsilon_0^k, \varepsilon_0^{k+1}, \varepsilon_{m-1}^k, \varepsilon_{m-1}^{k+1})^T$ – шум процесса, $\mathbf{y}_k = (y_1^k, y_2^k, \ldots, y_{m-2}^k)^T$ – вектор измерений, $\boldsymbol{\eta}_k = (\varepsilon_1^k, \varepsilon_2^k, \ldots, \varepsilon_{m-2}^k)^T$ – измерительный шум.

Поскольку $\boldsymbol{\theta}$ – постоянный вектор, вполне естественно положить

$$\boldsymbol{\theta}_{k+1} = \boldsymbol{\theta}_k,\ \ k = 0, \ldots, n-1. \quad (8)$$

Тогда система (5) вместе с предположением (6) может быть переформулирована как нелинейная модель

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{k+1} \\ \boldsymbol{\theta}_{k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta}_k)\mathbf{B}(\boldsymbol{\theta}_k)\mathbf{x}_k \\ \boldsymbol{\theta}_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta}_k)\mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta}_k)\mathbf{u}_k \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\theta}_k)\mathbf{\Gamma}(\boldsymbol{\theta}_k) \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} \\ \mathbf{y}_k = \begin{pmatrix} \mathbf{I}_{m-2} & \mathbf{0} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \mathbf{x}_k \\ \boldsymbol{\theta}_k \end{pmatrix} + \boldsymbol{\eta}_k, \end{cases} \quad (9)$$

где $\mathbf{I}_{m-2}$ – единичная матрица размера $(m-2)\times(m-2)$. Теперь расширенный фильтр Калмана может быть применен для оценки вектора состояния, содержащего $\boldsymbol{\theta}_k$ в качестве своих компонент. Однако, для

этого нам необходимо иметь оценки матриц ковариации $\mathbf{Q} = \mathrm{cov}(\boldsymbol{\xi}_k)$ и $\mathbf{R} = \mathrm{cov}(\boldsymbol{\eta}_k)$, начальную оценку вектора состояния $\begin{pmatrix} \hat{\mathbf{x}}_{0|0} \\ \hat{\boldsymbol{\theta}}_{0|0} \end{pmatrix}$ и оценку ковариационной матрицы $\mathbf{P}_{0|0}$ начальной оценки вектора состояния.

Предположим, что имеется некоторая оценка $\hat{\sigma}^2$ дисперсии σ^2 измерительной погрешности ε_i^k. Тогда оценки матриц $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$ имеют вид: $\hat{\mathbf{Q}} = \hat{\sigma}^2 \mathbf{I}_4$, $\hat{\mathbf{R}} = \hat{\sigma}^2 \mathbf{I}_{m-2}$.

В качестве оценки $\hat{\mathbf{x}}_{0|0}$ естественно взять вектор $(y_1^0, y_2^0, \ldots, y_{m-2}^0)^T$, а в качестве оценки $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{0|0}$ – вектор $\hat{\boldsymbol{\theta}}_0 = \left(\frac{\hat{p}_D \Delta t}{2(\Delta l)^2}, \frac{\hat{p}_S \Delta t}{4\Delta l}, \frac{\hat{p}_A \Delta t}{2} \right)^T$, где $\hat{p}_D$, $\hat{p}_S$ и $\hat{p}_A$ – МНК-оценки параметров p_D, p_S и p_A. Тогда оценка матрицы $\mathbf{P}_{0|0}$ примет вид:

$$\hat{\mathbf{P}}_{0|0} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}^2 \mathbf{I}_{m-2} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_3 \end{pmatrix}.$$

Можно применить алгоритм расширенного фильтра Калмана, представленного в [12,13].

В качестве итоговой оценки вектора параметров $\boldsymbol{\theta}$ можно использовать последнее значение оценки $\hat{\boldsymbol{\theta}} = \hat{\boldsymbol{\theta}}_{n|n}$, полученное при $k = n$. Тогда вектор оценок исходных параметров p_D, p_S и p_A имеет вид $\left(\frac{2(\Delta l)^2 \hat{\theta}_1}{\Delta t}, \frac{4\Delta l \hat{\theta}_2}{\Delta t}, \frac{2\hat{\theta}_3}{\Delta t} \right)^T$.

4. Обсуждение результатов вычислительного эксперимента

Сравним результаты работы данного метода с результатами методов, предложенных в работах [10] и [14].

Для этого решим численно уравнение (1) с истинными значениями параметров $p_D = 1$, $p_S = 0.1$ и $p_A = 0.1$, граничным условием $x(t,0) = 0$ и начальным условием $x(0,l) = (1 + 0.1 \times (20 - l)^2)^{-1}$ в области $[1,20] \times [1,40]$. График численного решения показан на рис. 1.

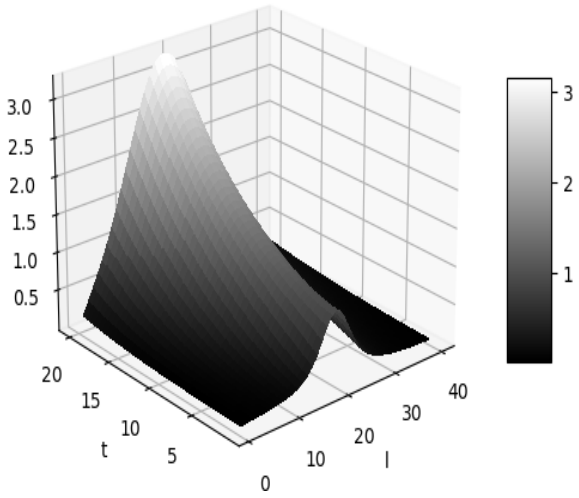


Рис. 1. График численного решения уравнения (1)

Далее к значениям x_i^k численного решения в узлах пространственно-временной сетки с некоторым шагом Δl по пространственной координате и некоторым шагом Δt по времени добавим смоделированную с помощью генератора случайных чисел погрешность в виде нормального «белого шума» с некоторым стандартным отклонением σ и по полученным значениям y_i^k найдем сначала МНК-оценки параметров уравнения (1), а затем с их использованием применим алгоритм расширенного фильтра Калмана, построенного по схеме Кранка-Николсон.

В экспериментах будем использовать одно значение стандартного отклонения случайной погрешности наблюдений σ равное 0.05. Возьмем $\Delta l = 1$ и $\Delta t = 1$.

Результаты моделирования, включая смещения (Bias), стандартные отклонения (STD), квадратный корень из среднеквадратичных ошибок (RMSE) для интегрального метода, байесовского метода, каскадного метода и комбинации МНК и расширенного фильтра Калмана, представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что предложенная комбинация методов МНК-КНФК дает наилучшие результаты из всех представленных методов.

Таблица 1

Результаты моделирования при $\Delta t = 1.0$

Параметры		p_D	p_S	p_A
Значения		1.0	0.1	0.1
Bias × 10^3	Каскадный метод	-55.9	-0.2	-0.5
	Байесовский метод	-35.6	1.0	0.6
	Интегральный метод	-5.8	-0.005	-0.07
	МНК-КНФК	-1.5	0.3	-0.1
STD × 10^3	Каскадный метод	40.5	6.2	0.8
	Байесовский метод	22.2	3.8	0.5
	Интегральный метод	21.0	3.7	0.5
	МНК-КНФК	20.6	3.6	0.5
RMSE × 10^3	Каскадный метод	69.1	6.2	1.0
	Байесовский метод	42.0	3.9	0.8
	Интегральный метод	21.7	3.7	0.5
	МНК-КНФК	20.6	3.6	0.5

Заключение

Проведенные исследования показывают, что комбинирование МНК и расширенного фильтра Калмана, построенного по разностной схеме Кранка-Николсон, как показывают результаты табл. 1, существенно улучшает качество оценки за счет рационального выбора начальных значений начального приближения рекуррентной процедуры фильтра Калмана в форме смещенных МНК-оценок.

Список литературы

1. A Bayesian approach to parameter estimation in HIV dynamical models / H. Putter [и др.] // Statistics in Medicine. – 2002. – Vol. 21. – P. 2199–2214.

2. Huang, Y. Hierarchical Bayesian methods for estimation of parameters in a longitudinal HIV dynamic system / Y. Huang, D. Liu, H. Wu // Biometrics. – 2006. – Vol. 62. – P. 413–423.

3. Huang, Y. A Bayesian approach for estimating antiviral efficacy in HIV dynamic models / Y. Huang, H. Wu // Journal of Applied Statistics. – 2006. – Vol. 33. – P. 155–174.

4. Parameter estimation for differential equations: a generalized smoothing approach (with discussion) / J. O. Ramsay [и др.] // Journal of the Royal Statistical Society. Series B. – 2007. – Vol. 69. – P. 741–796.

5. Liang, H. Parameter estimation for differential equation models using a framework of measurement error in regression models / H. Liang, H.

Wu // Journal of the American Statistical Association. – 2008. – Vol. 103. – P. 1570–1583.

6. Chen, J. Efficient local estimation for time-varying coefficients in deterministic dynamic models with applications to HIV-1 dynamics / J. Chen, H. Wu // Journal of the American Statistical Association. – 2008. – Vol. 103. – P. 369–384.

7. Cao, J. Penalized nonlinear least squares estimation of time-varying parameters in ordinary differential equations / J. Cao, J. Z. Huang, H. Wu // Journal of Computational and Graphical Statistics. – 2012. – Vol. 21. – P. 42–56.

8. Muller, T. Fitting parameters in partial differential equations from partially observed noisy data / T. Muller, J. Timmer // Physical Review. – 2002. – Vol. 171. – P. 1-7.

9. Muller, T. Parameter identification techniques for partial differential equations / T. Muller, J. Timmer // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2004. – Vol. 14. – P. 2053-2060.

10. Parameter estimation of partial differential equation models / X. Xun [и др.] // Journal of the American Statistical Association. – 2013. – Vol. 108. – P. 1009–1020.

11. Ben-Moshe, D. Identification of linear regressions with errors in all variables / D. Ben-Moshe // Econometric Theory. – 2020. – P. 1-31.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617892 Российская Федерация. Применение расширенного фильтра Калмана в распределенных динамических системах: № 2021617140: заявл. 13.05.2021: опубл. 20.05.2021 / Е. А. Копытина, А. В. Копытин; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».

13. Копытин, А. В. Идентификация распределенной динамической системы с использованием расширенного фильтра Калмана / А. В. Копытин, Е. А. Копытина, М. Г. Матвеев // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 2. – С. 75-83. – DOI 10.14357/20718632210208.

14. Копытин, А. В. Применение интегрального метода идентификации параметров распределенной динамической системы / А. В. Копытин, Е. А. Копытина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 21-26.

Влияние пандемии на формирование единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов страны

В. В. Кульба, email: kulba@ipu.ru [1]
В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru [2]
В. М. Умывакин, email: umyvakin@mail.ru [3]

[1] ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН
[2] ФИЦ ИУ РАН
[3] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются условия, сложившиеся в период пандемии, для формирования единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов. Дается описание соответствующей математической модели с анализом результатов расчетов на основании информации, полученной с сайтов научных и образовательных организаций в сфере сельского хозяйства.*

Ключевые слова: *сельское хозяйство, научно-образовательные ресурсы, пандемия, информационные системы, математическая модель.*

Введение

Сфера образования оказалась в числе отраслей, в наибольшей степени подверженной цифровой трансформации, усиленной в настоящее время необходимостью поиска новых форм деятельности за счет данных технологий при вхождении человечества в длительный пандемийный цикл развития [1, 2]. Эпидемия коронавируса должна была бы значительно активизировать развитие в теоретическом и практическом плане появившийся “социальный заказ” на формирование системы управления информационными ресурсами на основе рациональной интеграции, входящей в один из основополагающих принципов цифровой трансформации общества, в некое единое структурированное пространство [3].

Кроме того, значительным толчком к формированию такого пространства, связанного с эпидемией коронавируса, послужило переосмысление многими слоями населения роли цифровых технологий в общественной и экономической жизни государств [4, 5]. Данный факт стал некоторым спусковым крючком для ускоренного внедрения их, высветил проблемы с человеческим капиталом, с ролью науки,

© Кульба В. В., Меденников В. И., Умывакин В. М., 2022

применением отсталых информационных технологий в этой сфере, памятуя слова У. Черчилля, что генералы всегда начинают войну старыми методами. Поскольку в условиях пандемии предприятия вынуждены искать новые способы ускоренной цифровизации бизнеса одновременно с переходом на инновационные технологии, как для внутрикорпоративных и клиентских взаимодействий, их удаленного контроля, то единое информационное структурированное пространство должно обслуживать не только сферу образования, но и науку, бизнес, государственное управление и прочие запросы общества.

Так, в результате анализа содержимого сайтов научных организаций, ВУЗов, информационно-консультационных служб и предприятий АПК удалось выделить те группы (виды) информационных научно-образовательных ресурсов (ИНОР), которые, с одной стороны, наиболее востребованы в экономике АПК, с другой стороны, размещаются на сайтах образовательных и научных учреждений: разработки, публикации, консультационная деятельность, нормативно-правовая информация (НПИ), дистанционное обучение (ДО), пакеты прикладных программ (ППП), базы данных (БД) [6].

В качестве такого информационного структурированного пространства, интегрирующего научные ресурсы по экономике в виде научных статей, книг, отчетов и программных систем, интерес представляет проект RePec, основанный на совместной волонтерской работе нескольких сотен энтузиастов из ста стран [7]. При этом вокруг основной базы знаний содержимого проекта образовались различные подпроекты-сервисы, позволяющие осуществлять наукометрический анализ, формализованную оценку роли научно-образовательных организаций, авторов публикаций, рассчитывать различные рейтинги с оценкой эффективности деятельности в области науки и множество других расчетов.

В связи с этим в работе на основе системного осмысления предшествующего опыта информатизации в комплексе с тенденциями цифровой трансформации развитых стран в сторону интеграции научно-образовательных ресурсов области рассматривается эффективный научный подход к реализации информационного структурированного пространства в виде единого информационного Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР) на примере АПК.

1. Формализация описания модели ЕИИПНОР

Целью разработки модели было выяснение принципиальной возможности формирования работоспособной ЕИИПНОР при выборе различных сценариев интеграции ИНОР, исходя, как из прогнозов возможных их объемов, так и количества потенциальных пользователей.

Объектом моделирования были организации, занимающиеся агропромышленной тематикой: аграрные ВУЗы, сельскохозяйственные научно-исследовательские организации (НИУ) России и СНГ, медицинские НИУ и другие, занимающиеся данной тематикой, издательства аграрной направленности. При моделировании учитывались три наиболее реализуемых и понятных из библиотечного дела варианта интеграции ИНОР.

В первом сценарии размещение ИНОР осуществлялось в виде каталогов в общей БД ЕИИПНОР у единственного провайдера, при котором в случае заинтересованности пользователя какой-либо найденной публикацией, подобно каталогу традиционной библиотеки, он перенаправляется по указанной в каталоге ссылке на сайт, где находится полнотекстовый источник.

Во втором сценарии все экземпляры ИНОР должны храниться у единственного провайдера в общей БД.

В третьем же сценарии предполагалась смешанная стратегия, когда в силу каких-либо причин, например, из-за требований секретности, либо нежелания отдельных владельцев контента, часть ИНОР размещалась в форме каталога, другая часть – как в полнотекстовом формате, так и в форме каталогов.

В модели также учитывалось, что качество предоставления услуг провайдером обычно оценивается такими параметрами: надежностью и пропускной способностью сети, временными задержками при передаче данных и их характеристиками. Поскольку при моделировании выяснялись глобальные характеристики сети при различных сценариях размещения информации, то процессы рассматривались на достаточно большом интервале времени – в течение месяца.

Поскольку на параметры сети значительное влияние оказывает программное обеспечение разработки сайтов, то в качестве таковой остановились на системе CMS “1C-Bitrix”, как наиболее популярной в аграрных ВУЗах и НИИ в данный момент.

1.1. Идентификаторы модели

j – индекс группы организации (ВУЗ, НИУ и др.), $j \in J$;

i – индекс вида информации (текстовый, картинка, видеоизображение и др.), $i \in I$;

m – индекс провайдера, $m \in M$;

n – индекс вида информационного представления, $n \in N$;

k – индекс организации, $k \in K_j$;

l – код формы хранения информации, $l \in L$;

d_{im} – существующая нагрузка i-го вида информации на m-го провайдера (в мб);

V_{ijkl} – объём i-го вида информации l-ой формы хранения k-ой организации j – ой группы (в мб);

D_{im} – пропускная способность i-го вида информации у m-го провайдера (в мб);

z^1_{ijmkl} – удельные расходы по размещению у m-го провайдера единицы -го вида информации l-ой формы хранения, принадлежащей k-ой организации j-ой группы (в руб./мб);

z^2_m – расходы в единицу времени на эксплуатацию сайта у m-го провайдера (в руб.);

z^3_{jk} – расходы в единицу времени на эксплуатацию сайта k-ой организации j-ой группы организаций при размещении информации у провайдеров (в руб.);

P^1_i – среднее в единицу времени число обращений к i-му виду информации;

P^2_{il} – средняя величина просмотров страниц i-го вида информации l-й формы хранения;

P^2_{ijkl} – средняя величина просмотров страниц i-го вида информации l-ой формы хранения k-ой организации, входящей в j-ю группу;

$P^2_{il} = s \cdot \sum_{j,k} P^2_{ijkl}$, где s – индекс ускорения просмотров страниц за счёт интеграции данных;

P^3_m – средний объем страниц сайта у m-го провайдера (в мб);

C^0 – финансовые ограничения на размещение информации в единицу времени у одного из провайдеров (в руб.).

При этом предполагается, что у провайдеров, использующих CMS «1С-Bitrix», в силу этого и интегрированной с ней СУБД, вся информация хранится в некоторой унифицированной форме. Тогда введём ещё группу параметров:

b_{il} – средняя величина передаваемого в единицу времени файла i-го вида l-ой формы хранения (в мб.);

g_{il} – среднее число обращений за i-ым видом информации l-ой формы хранения к провайдеру;

r_{jknl} – количество n-го вида представления информации l-ой формы хранения ее k-ой организации, представляющей j-ю группу;

a_{iknl} – среднее число обращений за i-ым видом информации l-ой ее формы хранения n-го вида представления;

v_{inl} – идентификатор, обозначающий принадлежность i-го вида информации l-ой формы хранения ее в n-м виде представления, равный 1 при наличии и 0 в отсутствии.

Тогда:

$$g_{il} = s \cdot \sum_{n,k} v_{inl} \cdot a_{iknl};$$

$$V_{ijkl} = b_{il} \cdot \sum_{n} r_{jknl};$$

$$P_i^1 = \sum_{l} g_{il}.$$

1.2. Переменные

x_{ijmkl} – рост нагрузки на m-го провайдера при размещении в его БД i-го вида l-ой формы хранения информации k-ой организации, представляющей j-ю группу (в мб);

y_{ijmkl} – идентификатор, обозначающий условия хранения k-й организацией, представляющей j-ю группу, хранения i-го вида информации l-й формы у m-го провайдера, равный 1 при наличии и 0 иначе.

1.3. Уравнения

$$d_{im} + \sum_{l,j,k} x_{ijmkl} \le D_{im}$$

технологические ограничения на пропускные возможности i-го вида информации у m-го провайдера;

$$x_{ijmkl} = (P_i^1 \cdot P_{il}^2 \cdot P_m^3 + g_{il} \cdot b_{il}) \cdot y_{ijmkl}$$

уравнение, определяющее добавочную нагрузку;

при размещении всей информации у единственного провайдера вводится данное ограничение:

$$\sum_{m} y_{ijmkl} \le 1.$$

Наконец, для затрат C^1 по размещению информации у провайдера

$$C^1 = \sum_{i,j,m,l,k} z_{ijmkl}^1 \cdot V_{ijkl} \cdot y_{ijmkl}$$

имеем неравенство в виде ограничений по затратам на размещение информации: $C^1 \le C^0$.

1.4. Критерии оптимальности

Таковых у нас в модели два:

$$w = \sum_{i,j,m,l,k} V_{ijkl} \cdot y_{ijmkl} \to \max ,$$

определяющий максимизацию объёмов переноса информации к необходимым провайдерам. И $C^2 \to \min$, определяющий минимизацию затрат на эксплуатацию у провайдеров, где

$$C^2 = T \cdot (\frac{1}{I \cdot J \cdot L} \sum_{i,j,m,l,k} z_m^2 \cdot y_{ijmkl} + \frac{1}{I \cdot M \cdot L} \sum_{i,j,m,l,k} z_{jk}^3 \cdot (1 - y_{ijmkl})) ,$$

и T - заданный период эксплуатации системы.

1.5. Исходные параметры для модели

Для учета различных вариантов развития состояния ИНОР за период пандемии в сценариях расчётов, исходя из анализа динамики соответствующих сайтов, были предусмотрены три таких по объёмам контента: текущий объём и прогнозные, включающие объемы ресурсов за последние пять лет и за все годы существования организаций, указанных выше [6]. В качестве примера приведем количественные данные по последнему варианту для всех категорий организаций-носителей ИНОР: разработки – 552120, публикации – 3627348, БД – 16047, ДО – 31148, ППП – 46794, число консультантов – 11991, НПИ – 6443. При этом считалось, что число ИНОР в форме каталога одинаково количеству в полнотекстовом формате.

Аналогично и по численности пользователей сайтов: предусматривалось текущее количество и максимально разумное. Так, например, в прогнозном варианте было определено число ежемесячного посещения сайтов следующих пользователей: фермерские хозяйства – 200000, сельхозпредприятия – 1000000, студенты – 30000000, работники органов управления, ученые – 1200000, население – 32 600 000.

2. Анализ результатов модельных экспериментов

Многочисленные расчеты по формированию ЕИИПНОР, которое в трактовке программы цифровой экономики можно назвать единой цифровой платформой (ЦП) ИНОР [8], показали с большой степенью уверенности возможности его создания при аккумулировании даже у одного провайдера всех видов ИНОР, произведенных рассмотренными выше организациями за последние пять лет при приемлемом времени отклика на смоделированные различные запросы из списка приведенных пользователей. При этом важно подчеркнуть экономическую

эффективность в объеме 1 млрд. рублей такой разработки за счет технологий интеграции и типизации как сайтов, так и ИНОР, что очень актуально в условиях значительного недофинансирования научно-исследовательских и образовательных организаций.

Потребность формирования ЕИИПНОР обусловлена также проблемой информационной безопасности сайтов НИУ и ВУЗов, связанной с ростом искаженной, недостоверной информации на их сайтах [9]. Например, в последние три года выросла публикационная активность в области цифровой экономики научных сотрудников, очень далеких от этой сферы, что можно объяснить требованиями повышения наукометрических данных со стороны Минобрнауки, а также вниманием к цифровизации со стороны руководства государства. Немаловажным аргументом в этом играет большой отток специалистов в этой сфере из науки и образования в бизнес, что ведет к снижению как качества сайтов, так и качества публикаций. При формировании ЕИИПНОР можно было бы подобрать за счет указанного экономического эффекта квалифицированную команду разработчиков и экспертов по всем научно-образовательным направлениям, снимающих проблему информационной безопасности, отсутствие которой только дискредитирует науку и образование в глазах сообщества IT-специалистов и прочих пользователей, желающих получить надежную информацию из рук ученых.

Отчасти, в результате отсутствия ЕИИПНОР и не всегда достоверной, зачастую, малоинформативной информации на сайтах НИУ и ВУЗов, в агрохолдингах в настоящее время происходит формирование собственных научных структур, разрабатывающих и испытывающих, например, электронные карты земель, элементы технологий точного земледелия, сортовой состав культур и пр.

В области образования сегодня весь мир нацелен на повышение имиджа университетов, для чего формируются разнообразные рейтинги, например, мировые QS Rankings [10] и Times Higher Education (THE) [11], а в России [12]. Имидж их, особенно в пандемию, определяется не только качеством самого образования, большое значение приобретает также грамотное, эффективное представительство университетов в интернете [13].

Проведенный анализ состояния ИНОР сайтов аграрных ВУЗов и НИУ в 2021 году показал, что существует значительный цифровой разрыв между современным состоянием и потенциалом технологий разработки и наполнения контентом их сайтов, который стремительно увеличивается. Например, НИУ пока рассматривают свои сайты, как витринные, не вкладывая особых средств в их рациональное

использование. Целевой аудитории они не имеют. Представление научных ресурсов на сайтах незначительное, несистематизированное и держится лишь на энтузиазме исполнителей. По всей логике развития интернет-технологий и требований властей по увеличению публикационной активности количество ИНОР на сайтах ВУЗов и НИУ должно расти с некоторым темпом, который был заложен в прогнозное количество ИНОР в модель, однако, наблюдаем тенденцию резкого снижения их количества. Так, у НИУ число разработок снизились с 18806 до 5410, публикаций – с 43718 до 8274, БД – с 238 до 124, число консультантов – с 231 до 14. У ВУЗов число разработок снизились с 4660 до 3359, БД – с 675 до 0, число консультантов – с 259 до 76. В то же время на сайтах ВУЗов произошел всплеск числа публикаций с 19401 до 41001, что связано с переходом их на удаленный формат обучения. Однако реализация их вызывает много вопросов к технологиям размещения на сайтах. Прежде всего, несистемный подход к внедрению большого количества (свыше 10) электронных библиотечных систем (ЭБС), обнаруженных на сайтах ВУЗов, онтологически никак несвязанных друг с другом, дублирующих контент, ведет к значительным финансовым издержкам, как учебных организаций, так и государства, отдаляет перспективу формирования ЕИИПНОР. При этом в условиях пандемии инвестиции в ДО в виде внедрения специальных закрытых сервисов сопровождаются ликвидацией данного ИНОР из контента сайтов.

Заключение

В исследовании с помощью математического моделирования доказана технологическая возможность формирования ЕИИПНОР со значительным экономическим и социальным эффектами. Эпидемия коронавируса активировала появление слабого социального заказа на некоторое подмножество такого пространства, вызванного необходимостью перевода студентов на дистанционную форму обучения, а работников организаций на удаленный режим работы. Исследования показали, что хотя пандемия вызвала появление новых цифровых инструментов в части дистанционного обучения и публикационной активности, однако реализация их вызывает много вопросов к технологиям проектирования и внедрения этих систем, противоречащим основным принципам цифровизации общества, а также к слабой методологической роли Минобрнауки. Появление большого количества ЭБС на сайтах ВУЗов, кроме недостатков, указанных выше, отдаляет перспективу формирования некоторого структурированного информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов, выполняющего триединую роль: поддержка научных исследований, повышение уровня образования для всех слоев населения,

эффективная система трансфера научно-образовательных знаний в экономику за счет неограниченного доступа к данным знаниям не только традиционным пользователям в лице научных работников, студентов и преподавателей, но и будущим абитуриентам и работодателям, госорганам, товаропроизводителям, бизнесу, менеджменту, другим категориям населения. Существующий же ход цифровой трансформации ВУЗов порождает дезинтеграционные технологии представления ИНОР перечисленным выше пользователям, когда совершенствование представления дистанционного обучения и публикационной активности идет в ущерб остальным видам представлений знаний, что также не способствует созданию современной конкурентной научно-образовательной среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-07-00836 "Научные основы формирования единой цифровой платформы (единого информационного Интернет-пространства) аграрных научно-образовательных ресурсов на основе математического моделирования".

Список литературы

1. Акаев, А. А. Конвергентные ИКТ как ключевой фактор технического прогресса на ближайшие десятилетия и их влияние на мировое экономическое развитие / А.А. Акаев, А.И. Рудской // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. Vol. 5, no. 1. – С. 1-18.

2. Harari, Y. N. Homo Deus. A Brief History of Tomorrow / Y.N. Harari ; Vintage. – London, 2015. – 496 p.

3. Меденников, В. И. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России / В.И. Меденников, А.Н. Райков // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Тенденции развития Интернет и цифровой экономики» (Симферополь-Алушта, 4-6 июня 2020 г.). – ИП Зуева Т. В., 2020. – С. 57-62.

4. Халин, В. Г. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски / В. Г. Халин, Г. В. Чернова // Управленческое консультирование. – 2018. – № 10. – С. 46-63.

5. Государство как платформа: Люди и технологии / под ред. Шклярук М.С. – Москва : РАНХиГС, 2019. – 111с.

6. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В.И. Меденников, Л.Г. Муратова, С.Г. Сальников. – М. : Аналитик, 2017. – 250 с.

7. [Электронный ресурс] : – Режим доступа : http://repec.org/
8. Меденников, В. И. Системный анализ цифровых экосистем производственных отраслей на примере АПК / В.И. Меденников // Цифровая экономика. – 2021. – № 3(15). – С. 34-51.
9. Кульба, В. В. Математическая модель обеспечения безопасности информации в базах данных / В.В. Кульба, Н.П. Курочка // Интернет-журнал «Науковедение». – 2019. – № 1. – С. 25-35.
10. Valero, A. The economic impact of universities: Evidence from across the globe / A. Valero, J.V. Reenen // Economic of Education Review. – 2019. Vol. 68. – P. 53-67.
11. Hamdan, A. A causality analysis of the link between higher education and economic development: empirical evidence / A. Hamdan, R. Khamis, M. Anasweh // Heliyon. – 2020. Vol. 6. Iss. 6. Article 04046.
12. Абсалямова, Г. А. Мировые рейтинги как инструмент формирования современной модели университета / Г. А. Абсалямова, А. М. Марков // Grand Altai Research & Education. – 2016. – № 1. – С. 23-24.
13. Зацаринный, А. А. Системные аспекты технологии управления научными и образовательными сервисами / А.А. Зацаринный, А.П. Шабанов // Открытое образование. – 2017. – Т.21, №2. – С. 88-96.

Востребованность аграрных научных ресурсов в период пандемии

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru [1]
Ю. А. Флеров, email: yflerov@yandex.ru [2]

[1] ФИЦ ИУ РАН
[2] ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ

Аннотация. *В данной работе рассматривается динамика научных информационных ресурсов, отраженных на сайтах научно-исследовательских организаций, в условиях пандемии, повлекшей изменение структуры спроса из-за снижения покупательной способности населения, из-за нарушения в производственно-логистических цепочках, ужесточения санитарных норм, что накладывает определенный отпечаток на материальный и трудовой рынок, а также на доходность предприятий. Дается описание методики мониторинга сайтов НИУ с последующим анализом его результатов с точки зрения формирования системы трансфера аграрных знаний, дающей эффективный отклик на появившиеся требования бизнеса, управленцев, населения.*

Ключевые слова: *сельское хозяйство, научные ресурсы, пандемия, информационное пространство, мониторинг.*

Введение

Если в сфере образования пандемия COVID-19 породила активный “социальный заказ” на формирование некоторого структурированного информационного интернет-пространства образовательных ресурсов в виде дистанционного обучения и публикационной активности, то к науке коронавирус предъявил требования к намного большему виду информационных ресурсов.

Рассмотрим эти требования более подробней. Поскольку в этих условиях пандемии из-за снижения покупательной способности многих слоев населения, ужесточения санитарных норм [1] произошло и изменение структуры спроса, то выходом из данной ситуации у аграриев может быть переход к научно-обоснованным севооборотам, которые влияют на эффективность всего производственного процесса путем использования наиболее рационально основной ресурс – земельный в комплексе с финансовыми, биоклиматическими, человеческими, информационными ресурсами, средствами питания и защиты культур,

© Меденников В. И., Флеров Ю. А., 2022

орудиями и машинами. Для чего нужна достоверная, однородная, онтологически выверенная информация в виде публикаций, разработок, баз данных (БД), пакетов прикладных программ (ППП). Кроме того, такой переход необходимо увязать с ускоренным внедрением цифровых технологий в экономику, диктуемым не только вступлением в эпоху общемировой цифровизации всех сторон деятельности общества, но и принесших пандемией ограничений на миграцию трудовых ресурсов, что в свою очередь, требует переобучения работников, начиная от рабочих до управленцев высшего звена, перехода на современные методы управления. Если раньше в сельском хозяйстве для внедрения и разъяснения товаропроизводителям преимуществ и технологий инновационных разработок широко применялись полевые дни, то в настоящее время из-за противоэпидемиологических мер возможности их снизились. Выходом является перенос полевых дней в онлайн формат в виде развития сервисов консультационной деятельности, нормативно-правовой информации (НПИ), дистанционного обучения (ДО).

Пандемия также нарушила существующие процессы в производственно-логистических цепочках, что дает шанс осуществить более безболезненный переход на современные цифровые платформы управления (ЦПУ) логистикой, комплексность которого сможет помочь осуществить наука посредством формирования единого информационного структурированного пространства научных ресурсов. Такое пространство должно обслуживать не только сферу бизнеса, науки, но и образования, госуправления, прочих пользователей.

Отдельные производственные предприятия, даже крупные, не в состоянии прогнозировать тенденции интеграционных процессов цифровой трансформации экономики, поскольку они ограничиваются лишь небольшой частью глобальной производственной цепочки. Поэтому сегодня в России в основном используется поэтапный оригинальный подход (который также называют лоскутным одеялом и прерывистой информатизацией) при проектировании и разработке систем цифровизации, когда отдельные системы либо производятся самостоятельно, либо закупаются в готовом виде у различных компаний, не связанных между собой онтологически, функционально или информационно.

В связи с этим в работе рассматривается состояние и тенденции развития научных информационных ресурсов, отраженных на сайтах научно-исследовательских учреждений (НИУ), с целью выяснения корреляции их с требованиями рынка в условиях пандемии.

1. Анкета и методика обследования аграрных научно-исследовательских организаций

Ситуация, сложившаяся в сельском хозяйстве страны в условиях пандемии, отчасти напоминает период структурных реформ в начале перестройки 90-х годов прошлого столетия, когда была разрушена сложившаяся система трансфера знаний в производство, обмена знаниями между научными сотрудниками. Перед научным сообществом встала задача выяснения области потребностей бизнеса в актуальных информационных ресурсах, а, следовательно, и тематики исследований НИУ. Для чего было проведено масштабное обследование потребностей сельхозтоваропроизводителей в 22 регионах России путем поездки в них с анкетированием органов управления, бизнеса. Анализ показал, что наиболее востребованы в тот период в экономике АПК России были следующие виды аграрных знаний: разработки, публикации, консультационная деятельность, НПИ, ДО, ППП, БД [2]. Вслед за этим с появлением интернета эти виды знаний начали появляться в том или ином виде и на сайтах НИУ, ВУЗов. Так, один из фермеров на вопрос о потребностях о необходимых ему информационных ресурсах (ИР) ответил, что ему нужна такая система, в которой можно быстро найти, например, разработку в виде средства борьбы с какой-либо болезнью растений, животного, потом получить тут же все публикации, всех консультантов, НПИ, ДО на эту тему. Потом в соответствующей БД найти нужного поставщика препарата с минимизацией затрат на приобретение и доставку. А это уже заявка на формирование единого информационного структурированного пространства научных ресурсов.

Как видно из введения, эти же ресурсы получили новый импульс актуальности и в настоящее время, для чего в 2021г. авторами было проведено обследование сайтов аграрных НИУ на основе разработанных анкеты и методики обследования состояния и объемов научных ресурсов, указанных выше. Перечень НИУ в виде НИИ, ФИЦ, ФНЦ в количестве 153 взят с сайта Минобрнауки [3]. Поскольку реформа НИУ существенно затронула структуру их сайтов, то для сравнения были использованы результаты анализа НИИ, ФИЦ и ФНЦ, существовавших в 2017г., когда было проведено последнее обследование НИУ, с данными 2021г. [4]. Стоит заметить, что в анкету и методику включили с учетом формирования в дальнейшем рейтингов НИУ, подобно исследованиям 2017г., информационные ресурсы, отражающие электронную торговую площадку, электронную биржу труда и публикации, размещенные в Elibrary, для учета публикационной активности их, поскольку значение рейтингов приобретает всемирный характер [5, 6].

В таб. представлены в соответствии с анкетой состояние и объемы всех видов научных ресурсов в обобщенном виде как суммарные величины НИУ за 2017 и 2021 годы, записанные через косую черту, например, К2017/К2021, где К2017 – количественный показатель за 2017г., К2021 – за 2021г. При этом путем онтологического моделирования содержимого сайтов были получены цифровые стандарты форм хранения их в форме: неупорядоченный каталог (F1), упорядоченный каталог (F2), неупорядоченное полноформатное представление (F3) и упорядоченное полноформатное представление (F4) [4].

2. Результаты обследования и анализа состояния и объемов аграрных научных ресурсов на сайтах НИУ

В данном разделе дан анализ научных ресурсов НИУ за 2017 и 2021 годы с комментариями по отдельным организациям.

Таблица

Обобщенные показатели состояния и объемов научных ресурсов по видам представления знаний на сайтах сельскохозяйственных НИУ в количественном выражении (2017/2021гг.)

Научный ресурс	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
Разработки	5975/ 5192	11241/ 0	1263/ 218	327/ 0
Публикации	39566/ 34517	1757/ 2398	2266/ 684	129/ 0
БД	39/ 119	154/ 0	8/ 5	37/ 0
ППП	119/ 50	197/ 0	1/ 0	6/ 0
ДО	0/ 104	0/ 0	0/ 0	0/ 1
Консультации	231/ 9	0/ 0	0/ 5	0/ 0
НПИ	469/ 349	0/ 0	206/ 330	7/ 0

Разработки. В 2017г. 115 (75%) НИУ представляли на сайтах информацию о разработках, в 2021г. – 100 (65%). При этом произошло резкое сокращение общего количества разработок в 3,5 раза с 18806 до 5410 разных форм хранения. Пострадали наиболее сложные формы: упорядоченный каталог сократился с 11241 до ноля, неупорядоченное полноформатное представление – с 1263 до 218, упорядоченное полноформатное представление – с 328 до ноля. Наибольшее сокращение количества разработок продемонстрировали ФНЦ и ФИЦ, хотя должно было бы произойти наоборот, за счет включения разработок присоединенных НИИ. Так, на сайте ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий – ВНИИ экономики сельского хозяйства» не осталось ни одной разработки. При этом исчезли все 10842 разработки упорядоченной каталожной формы хранения.

Публикации. В 2017г. 109 (71%) НИУ представляли на сайтах информацию о публикациях, в 2021г. – 116 (76%). При этом произошло сокращение общего количества публикаций в 1,2 раза с 43718 до 37599 разных форм хранения. Сокращение было бы еще на 11597 публикаций больше, если бы в ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока" кому-то не пришла идея разместить на сайте все публикации за всю историю института с 1910г. по 2016г. по годам опубликования без представления современных публикаций, начиная 2017г. А также во ВНИИ маслоделия и сыроделия – филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН создать упорядоченный каталог на 1905 публикаций при резком сокращении их в остальных НИУ. Так, такой каталог остался только у трех НИУ. Подобно разработкам, когда наибольшее сокращение количества их продемонстрировали ФНЦ и ФИЦ, по публикациям у них наблюдается также наибольшая деградация, хотя опять же должно было бы произойти наоборот, за счет интеграции публикаций присоединенных НИИ. Например, в ФГБНУ ФНЦ экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН вообще с сайта исчезли публикации, как и в ФГБНУ "Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр".

Базы данных. В 2017г. 14 (9%) НИУ представляли на сайтах информацию о БД, в 2021г. – 8 (5%). При этом произошло сокращение общего количества БД в 1,9 раза с 238 до 124 наиболее сложных форм хранения: упорядоченный каталог сократился, как и разработки, со 154 до ноля, неупорядоченное полноформатное представление – с 8 до 5, упорядоченное полноформатное представление – с 37 до ноля. Наибольшее сокращение количества БД, как и разработок, продемонстрировали ФНЦ и ФИЦ. Так, на сайте ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий – ВНИИ экономики сельского хозяйства» не осталось ни одной БД. При этом исчезли все 154 БД упорядоченной каталожной формы хранения.

ППП. В 2017г. 10 (6,5%) НИУ представляли на сайтах информацию о ППП, в 2021г. – также 10 (6,5%). При этом произошло резкое сокращение общего количества ППП в 6,5 раз с 323 до 50 всех наиболее сложных форм хранения, остались только в виде неупорядоченной каталожной формы хранения. Наибольшее сокращение количества ПП, как и БД, продемонстрировало ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий – ВНИИ экономики сельского хозяйства», на сайте которого не осталось ни одного ППП. При этом исчезли все 197 ППП в виде упорядоченного каталога.

Дистанционное обучение. В 2017г. ни один НИУ не представлял на сайтах информацию о ДО, в 2021г. – появились целых 4 НИУ (2,6%). При

этом произошло ничем необъяснимое резкое увеличение общего количества ДО на сайте ФГАНУ "ВНИИ молочной промышленности" с ноля до 92 экземпляров в виде неупорядоченной каталожной формы, поскольку при значительном сокращении количества разработок (с 203 до 20) и публикаций (с 208 до 61). При этом на сайте как не было ни одной БД и ни одного ППП, ни одного консультанта, ни одного экземпляра НПИ, так и не появилось.

Консультационная деятельность. В 2017г. 20 НИУ представляли на сайтах информацию о консультационной деятельности, в 2021г. произошло десятикратное сокращение таких НИУ до двух в количественном выражении с 231 до 14 консультанта в 16,5 раз.

Нормативно-правовая информации. В 2017г. 34 НИУ (22%) представляли на сайтах информацию о НПИ, в 2021г. произошло увеличение таких НИУ до 45 (29%) в количественном же выражении немного уменьшилось с 682 до 679 экземпляров.

Заключение

Анализ состояния и объемов научных ресурсов на сайтах НИУ показал, что существует значительный цифровой разрыв между современным состоянием и потенциалом технологий разработки и наполнения контентом сайтов НИУ [7], который стремительно увеличивается. НИУ пока рассматривают свои сайты, как витринные, не вкладывая особых средств в их рациональное использование. Целевой аудитории они не имеют. Представление научных ресурсов на сайтах незначительное, несистематизированное и держится лишь на энтузиазме исполнителей. Качество и количество их за время пандемии значительно снизилось.

Организованные ФИЦ и ФНЦ, в лучшем случае, поддерживают сайты головных НИИ, где можно найти лишь краткие сведения о включенных в них институтах, сайты которых, зачастую, не актуализируются, а порой просто закрываются. Информация о хранившихся на сайтах разработках, публикациях и других научных знаниях не переносится на сайты головных НИИ, в результате чего потребители необходимых для них ценных научных знаний остаются неудовлетворенными. Результатом реформы науки стало значительно возросшее количество малоинформативных сайтов. ФАНО же предполагало сделать ФИЦ и ФНЦ лидерами в научных исследованиях с должным отображением средствами информатизации на сайтах.

Таким образом, в работе продемонстрирована отрицательная корреляция требований рынка в условиях пандемии с состоянием научных информационных ресурсов НИУ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-07-00836 "Научные основы формирования единой цифровой платформы (единого информационного Интернет-пространства) аграрных научно-образовательных ресурсов на основе математического моделирования".

Список литературы

1. Какие проблемы сельского хозяйства выявил коронавирус [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.dairynews.ru/news/kakie-problemy-selskogo-khozyaystva-vyyavil-korona.html

2. Анализ эффективности информационно-консультационной службы (ИКС) : Научные труды ВИАПИ / А. В. Петриков, С. Б. Огнивцев, М. В. Кузнецов [и др.] ; ВИАПИ. – Москва : Энциклопедия российских деревень, 2003. – 126 с. – ISBN 5-88367-005-9.

3. Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук [Электронный ресурс] : – Режим доступа: https://www.minobrnauki.gov.ru/about/deps/dkdovssn/

4. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В.И. Меденников, Л.Г. Муратова, С.Г. Сальников. – М. : Аналитик, 2017. – 250 с.

5. Hamdan, A. A causality analysis of the link between higher education and economic development: empirical evidence / A. Hamdan, R. Khamis, M. Anasweh // Heliyon. – 2020. Vol. 6. Iss. 6. Article 04046.

6. Абсалямова, Г. А. Мировые рейтинги как инструмент формирования современной модели университета / Г. А. Абсалямова, А. М. Марков // Grand Altai Research & Education. – 2016. – № 1. – С. 23-24.

7. Зацаринный, А. А. Системные аспекты технологии управления научными и образовательными сервисами / А.А. Зацаринный, А.П. Шабанов // Открытое образование. – 2017. – Т.21, №2. – С. 88-96.

Модель когнитивного единства, противоположности с суперпозиции интересов экономических акторов

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru [1]
Т. Е. Минакова, email: t.e.minakova@mail.ru [2]
О. Ю. Дудко, email: shepeleva-olga@list.ru [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2] Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. *Показано, что цифровизация и трансформация в экономике порождают информационные потоки, изменяющие поведение экономических агентов. На смену монотонным процессам динамики спроса пришли ажиотажные циклы. Закономерности их возникновения и развития состоят в единстве и борьбе интересов экономических агентов. Имея разнонаправленный характер, вкупе с возросшей скоростью распространения информации, они порождают как восходящие тренды показателей экономической конъюнктуры, так и их смену, последующий спад, и вновь – рост. Математическая модель знакопеременной динамики экономических процессов основана на суперпозиции воздействия разнонаправленных факторов.*

Ключевые слова: *цифровые прорывные технологии, когнитивные технологии, знания, искусственный интеллект, интересы, суперпозиция, математическая модель.*

Введение

Прорывные цифровые системы и технологии в настоящее время формируют технологический уклад Индустрии 4.0. Решающую роль приобретают сенсорные устройства, технологии идентификации, их использование (по биометрическим параметрам, QR и штрих-кодам), роботизированные и беспилотные системы, технологии интернета вещей, мобильные средства, технологии распределенных реестров (особенно в криптографических квази-валют, цифровых активов и платежных средств), больших данных и искусственного интеллекта. В результате трансформировались не только технологические процессы, но и отношения экономических агентов. Их можно охарактеризовать избыточным производством по сравнению со спросом по многим видам товарной продукции [6]. Однако, это привело, во-первых, к смещению равновесной цены в низшую область, а соответственно, к снижению прибыльности производств материальных ценностей. Во-вторых,

© Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Дудко Ю. Ю., 2022

повысилась роль знаний в информационных потоках, а соответственно – когнитивных технологий, ответственных как за семантику информации, так и знания, содержащиеся в информационных потоках [5]. В результате влияние содержательного контента информации становится определяющим для поведения экономических агентов, принятия ими решений [7]. Названное влияние проявляется в трансформации динамических процессов производства товаров и услуг, а также их реализации в жизненном цикле [6]. Роль информации, знаний и их потоков смещается в направлении вершины цепочки создания добавленной стоимости и ее распределения. Тем самым меняется парадигма экономических отношений.

Действительно, в соответствии с теорией эффективного рынка ограниченность или асимметрия информации и информационных потоков искажает равновесные значения цен на рынках, наоборот, ее предоставление и распространение приводит к равновесию с новой рациональной ценой. Достаточно типичной в этой связи является реакция рынка (рост курса акций Тесла) к началу 2022 года на рекордные продажи автомобилей компанией Тесла в предшествующем году – рис. 1.

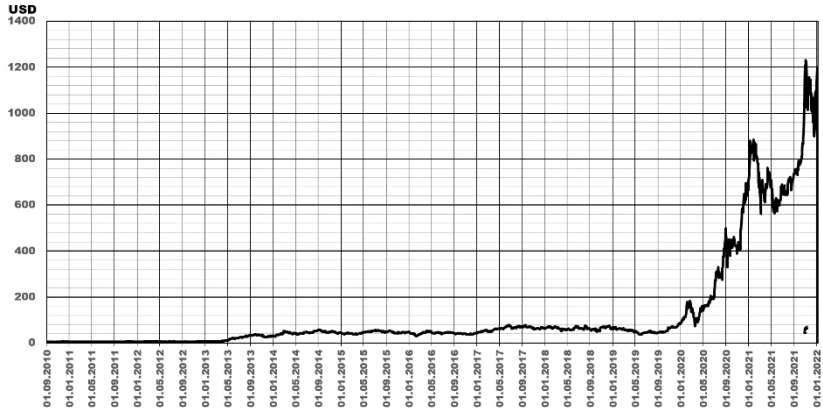


Рис. 1. Динамика курса акций компании Тесла

Особенно показательны динамические процессы роста и последующего спада цены в ноябре 2021 и январе 2022 года. Они позволяют сделать вывод, что рост капитализации до уровней свыше 1 трлн. долл. США не адекватны росту объемов продаж и прибыли компании (компания за 2021 год произвела и продала 936000 электромобилей). Следовательно, рост курса акций носит ажиотажный характер. Тем не менее, размер личного состояния основоположника и

директора компании Tesla Motors Илона Маска вырос до 300 млрд долл. США, поставив рекорд как по абсолютным уровням, так и по относительному значению прироста.

Цифровая экономика изменила закономерности роста продаж продукции: если в доцифровом укладе динамика носила монотонный характер, то в последние годы жизненный цикл проникновения продуктов на рынки [3] имеет признаки ажиотажных процессов в форме цикла Гартнер. Совершенно закономерно поэтому, что на следующий день после рекордного максимума курса акций Тесла и размер снижения также стал рекордным (как и состояния Илона Маска).

Учитывая повторяемость ажиотажных процессов временной динамики показателей конъюнктуры рынка, управление изменениями и инновациями характеризуют уровнем зрелости, визуализируя его на кривой цикла Гартнер. Актуальность в этой связи приобретает выявление закономерностей, нарушающих монотонность современных экономических процессов, а также разработка экономико-математической модели, адекватной ажиотажным изменениям в конъюнктуре рынков.

1. Модель суперпозиции влияния интересов экономических агентов на показатели экономической конъюнктуры

Для разработки модели ажиотажных процессов и показателей их динамики (амплитуд, темпов, беспрецедентных уровней), на наш взгляд, важно учесть не только объемы информации и ее потоков, которые используют экономические акторы, но и когнитивные процессы [2], обусловливающие в конечном итоге принятие решений (особенно, управленческих) экономическими агентами и переход к действиям: купле, продаже, запуску бизнес-процессов и т.д.

Для когнитивных процессов характерна существенная трансформация: в частности, они перестали быть прерогативой человека. Действительно, интеллектуальные технологии, например, искусственные нейронные сети, успешно решают задачи идентификации предпочтений и даже потребностей клиентов, обеспечивая таргетированное предложение товаров и услуг еще до осознания самим потребителем потребности в них [4]. Актуальным становится исследование роли когнитивных процессов в цифровой экономике. Определить такую роль можно на основе анализа ажиотажной динамики курса акций компании GameStop Corp (GME) в начале 2021 года, показанной на рис. 2. Данные акции ввиду перманентного снижения эффективности деятельности компании традиционно использовались крупными игроками фондового рынка для манипуляций с их ценой и получения собственной прибыли на понижении их цены.

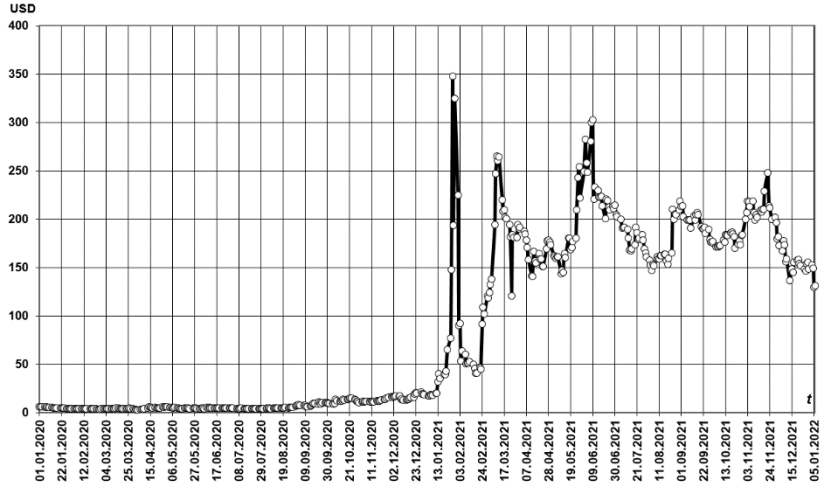


Рис. 2. Динамика курса акций компании GameStop Corp (GME)

Для этого целый ряд игроков в очередной раз взяли в долг на короткое время акции GME с обязательствами возврата. Продавая массово и практически синхронно эти акции, игроки добивались существенного и быстрого понижения цены, после чего приобретали их по низкой цене для возврата в соответствии с обязательствами.

Однако, в социальных сетях поклонники компании GME, выразили возмущение в связи с такими манипуляциями и призвали противостоять им. Важную роль сыграла возрастная общность (на основе принадлежности к одному поколению) этих молодых людей, с одной стороны, и игроков, игравших на понижение курса акций (фактически – поколения их родителей). По сути, ситуация обострилась в силу традиционного конфликта «отцов и детей» (противопоставления и неприятия действий первых вторыми и наоборот). Поколение «детей» выступило с призывом к покупке акций GME, который был поддержан большим числом людей, и в результате массовая продажа была скомпенсирована их покупкой. Игроки с Wall Street не только не добились снижения курса, в течение двух недель их оппоненты массовым приобретением повысили котировки в 25 раз. В результате акторы с (Wall Street) вынуждены были приобретать их по существенно более высокой цене, что привело к миллиардным (в долларах США) убыткам. Данный факт позволяет сделать вывод, что осознанное поведение, как результат когнитивных мыслительных процессов, несмотря на обладание акторами существенно меньшими финансовыми ресурсами, но при многократном

повышении числа последователей призыва, оказалось сильнее традиционных манипуляций капитала с акциями компании GME на рынке ценных бумаг. И до начала 2022 года акции GME имеют котировки выше 100 долл. США. Второй важный вывод, который позволяет сделать описанный прецедент, это противоположность интересов достаточно значимых по своему влиянию групп экономических агентов. Отметим, что эти группы преследовали противоположные интересы: игроки с Wall Street – добиться понижения курса акций, их оппоненты – не допустить понижения.

Очевидно, что противоположность интересов на рынке имеет место всегда: как минимум, продавец заинтересован в высоких ценах при продаже, покупатель, наоборот, заинтересован в низких ценах. Но цифровая экономика с многократно выросшим влиянием информации и информационных потоков, особенно, при их вирусном распространении, приводит к ажиотажным процессам, как это хорошо иллюстрирует рис. 2.

Следовательно, традиционные модели жизненного цикла товаров и услуг, динамики показателей конъюнктуры, которые базировались только на учете факторов, позитивно влияющих на их распространение: новые свойства, улучшенные характеристики, экономические преимущества и т. п., неполны, потому – недостаточно точны. Неоднородность потребителей приводит к выявлению ими негативных свойств и характеристик новых товаров и услуг [1]. Появляются, кроме того, фейки, вбросы негативной информации, что приводит к снижению спроса потребителей на продукт. Общей закономерностью, следовательно, является рыночное проявление единства и противоположности интересов экономических акторов. Такая закономерность характерна для многих экономических процессов [ ], причем, цифровизация экономики существенно повысила и степень влияния противоположностей, и возможности вирусного распространения поддержки каждой из сторон противодействия, а соответственно, порождение беспрецедентных ажиотажных процессов и увеличения их скорости.

Прецеденты изменчивости показателей рыночной конъюнктуры выражают общие закономерности ажиотажных процессов, состоящие в единстве и одновременно противоположности интересов, причем, как одни, так и другие акторы с такими интересами, способны изменить текущий тренд, что приводит к знакопеременной динамике спроса и предложения товаров и услуг. Очевидно, что влияние информации на восприятие экономической конъюнктуры имеет когнитивную природу как при позитивном восприятии, так и негативном. Поэтому как позитивные, так и негативные воздействия предлагается представлять S–

образными кривыми (сигмоидами). Следовательно, ажиотажные гетерогенные процессы могут быть представлены как суперпозиция разнонаправленных сигмоид.

Очевидно, что на смену ажиотажной динамике роста спроса при таком представлении с момента наступления доминирования обратной сигмоиды приходит фаза снижения спроса. Суперпозиция перечисленных разнонаправленных изменений (например, показателей $C^*(t)$ экономической конъюнктуры) позволяет обобщенную модель представить в форме [1]:

$$C^*(t) = \sum_{i=1}^{I} \left[1/\left(1 + e^{-(t - t_{o,i})/T_{p,i}} \right) - k_i / \left(1 + e^{-(t - t_{n,i})/T_{n,i}} \right) \right] \qquad (2)$$

где k_i – степень воздействия факторов негативного характера в сравнении с позитивными, i – номер текущего учетного показателя.

Частным случаем обобщенной модели, отражающей когнитивное влияние на поведение субъектов управления, является модель жизненного цикла Роджерса для инновационных продуктов. В этом случае фазами жизненного цикла являются, во-первых, тренд роста, во-вторых, тренд спада – сигмоида с размахом, в точности совпадающим с диапазоном роста.

Второй частный случай обобщенного решения диффузионных процессов роста и спада – модель цикла Гартнер. Получаемый на базе предложенной модели результат адекватен ажиотажному циклу Гартнер и отражает его основные фазы. Числовое представление процессов на такой основе позволяет прогнозировать как объемы максимального спроса, его снижения, фазы стабильного спроса, а также утилизации.

2. Моделирование единства воздействия факторов на рост и торможение распространения цифровых инноваций

Рис. 3 визуализирует ажиотажные процессы количественно (для примера – с нормированием максимума 100 процентами, отражая цикл ажиотажных процессов предложенной математической моделью. Рис. 3 позволяет сделать вывод, что разработанная модель адекватна временной динамике распространения инноваций в соответствии с циклом Gartner, отражая запуск инноваций (например, технологий), ажиотаж (например, в результате информационного хайпа, завышенные ожидания и их максимум), спад спроса, его минимум, и выход на уровень насыщения рынком продукта.

Моделирование выполнено с использованием следующих значений параметров: tp=200; tn=233; ki=0,7; Tp=44; Tn=11.

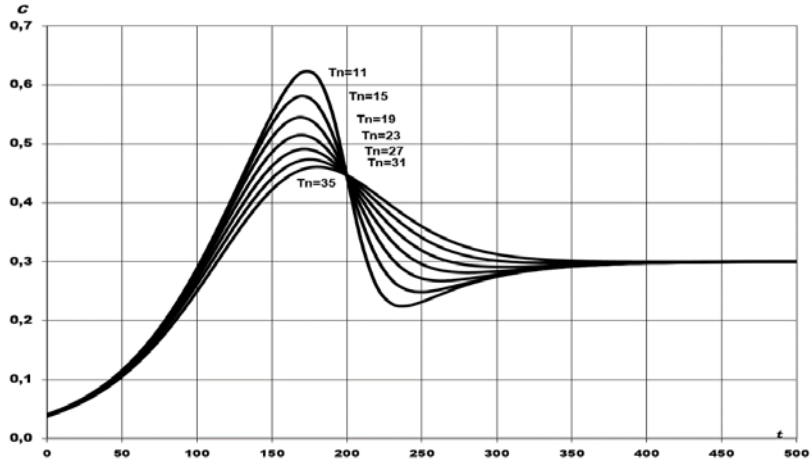


Рис. 3. Влияние постоянной времени противодействия на цикл Gartner

Результаты моделирования хорошо согласуются с динамикой цен на углеводородные энергоносители, которая к середине октября 2021 года показала ажиотажный спрос, а соответственно, подъем цен на природный газ, а также нефть.

Поле сценариев для выбора мер поддержки трендов роста (или, наоборот, спада) получим путем моделирования семейства временных рядов при вариативности величины Tn). Изменению Tn в диапазоне от 11 до 35 временных единиц соответствуют результаты (роста и спадов объемов Q), представленные на рис. 3.

Важным свойством разработанной экономико-математической модели является прямое соответствие параметров модели и показателей экономических процессов. Поэтому идентификация названных величин математическими методами позволяет получать реальные величины, во-первых, характеризующие цикл ажиотажа, во-вторых, использовать их в качестве метрик, используемых в управлении экономическими процессами, и измеряемых в реальных экономических системах в процессе мониторинга, обоснования и выработки управляющих воздействий.

Заключение

Гипотеза о единстве и суперпозиции противоположностей, например, предпочтений, восприятия одних групп рыночных акторов на рост цен активов, а других, наоборот, на снижение, а соответственно,

поведения экономических агентов, позволила верифицировать экономико-математическую модель ажиотажной динамики спроса, предложения, рыночных цен. Частным случаем разработанной модели является цикл, предложенный компанией Гартнер, отражающий этапы ажиотажных циклов. Разработанная модель отличается от прототипа переходом от качественного представления ажиотажной динамики к количественному, что переводит модель в категорию инструментальных средств прогнозирования динамики, например, цен, спроса на рыночные активы. Прогнозирование для участников рынка востребовано для формирования стратегий развития, новых бизнес-моделей.

Список литературы

1. Минаков, В. Ф. Сценарии ажиотажных процессов в цифровой экономике // В. Ф. Минаков, Т. Е. Минакова / В сборнике: Основные проблемы информатизации бизнес-процессов и образования в регионах России. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – Ставрополь. Издательство «Агрус». – 2021. – С. 305-310.
2. Новицкая, В. Д. Логистика НИОКР: тенденции и перспективы развития // В сборнике: Форсайт логистики: будущее логистики глазами молодых ученых. сборник материалов международной форсайт-сессии. – 2018. – С. 168-177.
3. Новицкая, В. Д. Логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2018. – № 1. – С. 30-34.
4. Новицкая, В. Д. Особенности наукоемкой продукции как объекта приложения методов и принципов логистики // В сборнике: Логистика и торговая политика. сборник научных трудов. под ред. В. В. Щербакова, Е. А. Смирновой. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 137-139.
5. Путькина, Л. В. Корреляция экономического роста и информационных ресурсов // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства. Сборник научных трудов II международного научно-практического форума. Под редакцией В.А. Королева. – 2019. – С. 289-291.
6. Шаныгин, С. И. Управление организацией проектного типа: стратегия и тактика / Санкт-Петербург, Издательство Санкт-Петербургская издательско-книготорговая фирма «Наука». 2015. – 198 с.
7. A spatio-dynamic modelling of environmental safety of the Russian Federation regions / V. V. Glinskiy [и др.] // Procedia Manufacturing. – 2017. – Т. 8. – С. 315-322.
8. Borisov, V. N. Improving the factor efficiency of machinery in the regions of the Russian Federation / V. N. Borisov, D. B. Kuvalin, O. V. Pochukaeva // Studies on Russian Economic Development. – 2018. Т. 29. – № 4. – С. 377-386.Кириллов, В. И. Логика : учебник для юрид. вузов / В. И. Кириллов ; Моск. гос. юрид. академия. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Проспект, 2009. – 233 с.

Анализ маркетинговой базы данных на основе методов машинного обучения

Э. Ф. Миниахметов, email: emilpriemil72@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

Аннотация. *Проанализирована маркетинговая база данных на предмет эффективности рекламных кампаний.*

Ключевые слова: *маркетинг, исследовательский анализ данных, статистический анализ, бизнес-данные.*

Введение

Широкое распространение технологий автоматизированной обработки информации и накопление в компьютерных системах больших объемов данных, сделали очень актуальной задачу поиска неявных взаимосвязей, имеющихся в наборах данных. Для её решения используются методы математической статистики, теории баз данных и ряда других областей [1].

Используя программное обеспечение для поиска закономерностей в больших пакетах данных, предприятия могут выстраивать маркетинговые стратегии, управлять кредитными рисками, обнаруживать мошенничество, фильтровать спам или даже выявлять настроения пользователей. В данной работе проанализирована маркетинговая база данных на основе методов машинного обучения.

1. База данных

В данной работе будет использоваться маркетинговая база данных, предоставленная студентам для финального проекта в рамках программы магистра в области бизнес-аналитики.

Данная база данных состоит из 2240 наблюдений (клиентов) с 28 переменными, связанными маркетинговыми данными, такими как: характеристики клиентов, приобретённые продукты, успехи и неудачи проведённых кампаний [2].

© Миниахметов Э. Ф., Мокшин В. В., 2022

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 2240 entries, 0 to 2239
Data columns (total 28 columns):
 #   Column               Non-Null Count  Dtype
---  ------               --------------  -----
 0   ID                   2240 non-null   int64
 1   Year_Birth           2240 non-null   int64
 2   Education            2240 non-null   object
 3   Marital_Status       2240 non-null   object
 4    Income              2216 non-null   object
 5   Kidhome              2240 non-null   int64
 6   Teenhome             2240 non-null   int64
 7   Dt_Customer          2240 non-null   object
 8   Recency              2240 non-null   int64
 9   MntWines             2240 non-null   int64
 10  MntFruits            2240 non-null   int64
 11  MntMeatProducts      2240 non-null   int64
 12  MntFishProducts      2240 non-null   int64
 13  MntSweetProducts     2240 non-null   int64
 14  MntGoldProds         2240 non-null   int64
 15  NumDealsPurchases    2240 non-null   int64
 16  NumWebPurchases      2240 non-null   int64
 17  NumCatalogPurchases  2240 non-null   int64
 18  NumStorePurchases    2240 non-null   int64
 19  NumWebVisitsMonth    2240 non-null   int64
 20  AcceptedCmp3         2240 non-null   int64
 21  AcceptedCmp4         2240 non-null   int64
 22  AcceptedCmp5         2240 non-null   int64
 23  AcceptedCmp1         2240 non-null   int64
 24  AcceptedCmp2         2240 non-null   int64
 25  Response             2240 non-null   int64
 26  Complain             2240 non-null   int64
 27  Country              2240 non-null   object
```

Рис. 1. База данных Marketing Analytics

2. Исследовательский анализ данных

Приступая к исследовательскому анализу данных, необходимо ответить на следующие вопросы:

Существуют ли какие-либо полезные переменные, которые можно спроектировать с учетом данных? Существуют ли закономерности или аномалии в данных? Можно ли составить их график?

На основе имеющихся данных можно создать и использовать более практичные:

– Общее количество неработающих ("Dependents") может быть рассчитано из суммы "Kidhome" и "Teenhome";

– Год становления клиентом ("Year_Customer"), может быть спроектирован с помощью "Dt_Customer";

– Общая потраченная сумма ("TotalMnt") может быть рассчитана на основе суммы всех функций, содержащих ключевое слово "Mnt";

– Общее количество покупок ("TotalPurchases") может быть рассчитано на основе суммы всех функций, содержащих ключевое слово "Purchaches";

– Общее количество рекламных кампаний, в которых принял участие клиент ("TotalCampaignsAcc") может быть рассчитано на основе суммы всех функций, содержащих ключевые слова "Cmp" и "Response".

	ID	Dependents	Year_Customer	TotalMnt	TotalPurchases	TotalCampaignsAcc
0	1826	0	2014	1190	15	1
1	1	0	2014	577	18	2
2	10476	1	2014	251	11	0
3	1386	2	2014	11	4	0
4	5371	1	2014	91	8	2

Рис. 2. Новые используемые переменные

Чтобы выявить закономерности, необходимо определить корреляции признаков. Положительные корреляции между объектами отображаются красным цветом, отрицательные корреляции отображаются синим цветом, а отсутствие корреляции отображается серым цветом на карте корреляционного анализа ниже. Также необходимо разделить эти закономерности на кластеры.

Кластер "Высокий доход":

– Потраченная сумма ("Totalmnt" и другие функции "Mnt") и количество покупок ("TotalPurchases" и другие функции "Num...Purchases") положительно коррелируют с "Income".

– Покупки в магазине, в Интернете или через каталог ("NumStorePurchases", "NumWebPurchases", "NumCatalogPurchases") положительно коррелируют с "Income".

Кластер "Наличие детей и подростков":

– Потраченная сумма ("TotalMnt" и другие функции "Mnt") и количество покупок ("TotalPurchases" и другие функции "Num...Purchases") отрицательно коррелируют с "Dependents".

– Покупки по акции ("NumDealsPurchases") положительно коррелируют с "Dependents" (детьми и/или подростками) и отрицательно коррелируют с "Income".

Кластер "Рекламные кампании":

– Принятие рекламных кампаний ("AcceptedCmp" и "Response") сильно положительно коррелирует друг с другом.

– Слабая положительная корреляция рекламных кампаний наблюдается с кластером "Высокий доход", а слабая отрицательная корреляция наблюдается с кластером "Наличие детей и подростков".

Количество посещений веб-сайта за последний месяц ("NumWebVisitsMonth") не коррелирует с увеличением числа покупок в Интернете ("NumWebPurchases"). Вместо этого "NumWebVisitsMonth" положительно коррелирует с количеством покупок по акции ("NumDealsPurchases"), что позволяет предположить, что предложения являются эффективным способом стимулирования покупок на веб-сайте.

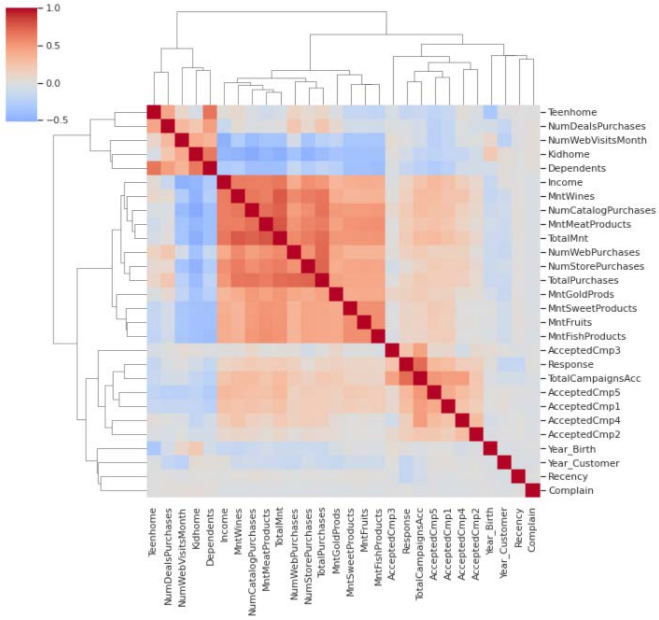


Рис. 3. Корреляционный анализ базы данных

Важно также проиллюстрировать корреляцию между количеством принятых рекламных кампаний ('TotalCampaignsAcc') и доходом клиентов ('Income'), также между ('TotalCampaignsAcc') и наличием детей/подростков в семье ('Dependents'). По графикам можно сказать, что принятие рекламной кампании положительно коррелирует с доходом и отрицательно коррелирует с наличием детей/подростков.

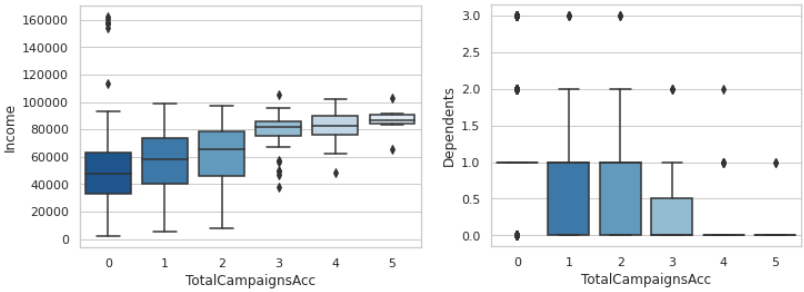


Рис. 4. Зависимость между ('TotalCampaignsAcc') и ('Income'), ('Dependents')

3. Статистический анализ

Для начала необходимо определить, какие факторы связаны с продажами товара в магазине.

С помощью SHAP (SHapley Additive exPlanations) строится график линейной зависимости числа продаж в магазинах с общим числом продаж, числом продаж из каталога, сайта, акций и.т.д.

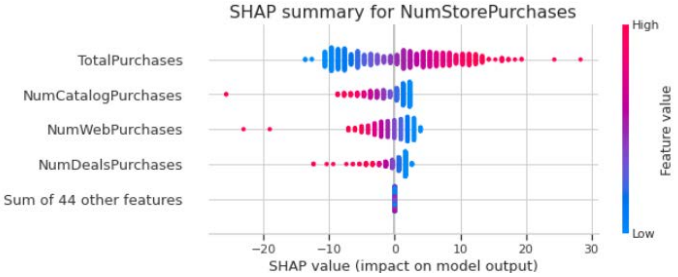


Рис. 5. Зависимость (' NumStorePurchases ')

По данному графику можно сказать, что:

– Количество покупок в магазине увеличивается с увеличением общего количества покупок ("TotalPurchases").

– Количество покупок в магазине уменьшается с увеличением количества покупок по каталогу, через Интернет или по акционным продажам ('NumCatalogPurchases', 'NumWebPurchases', 'NumDealsPurchases').

Можно сделать вывод, что клиенты, покупающие товар в магазинах, зачастую не покупают их через каталог, сайт или по акции.

Для общей статистики необходимо определить общее количество продаж в разных странах.

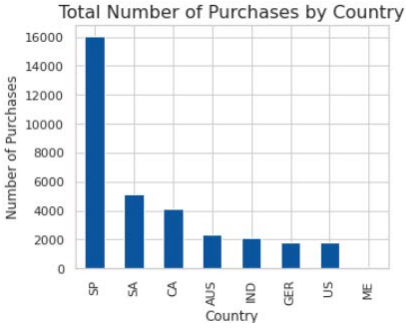


Рис. 6. Зависимость (' NumStorePurchases ')

Для анализа эффективности рекламных кампаний необходимо определить процент принятия рекламных кампаний в разных странах.

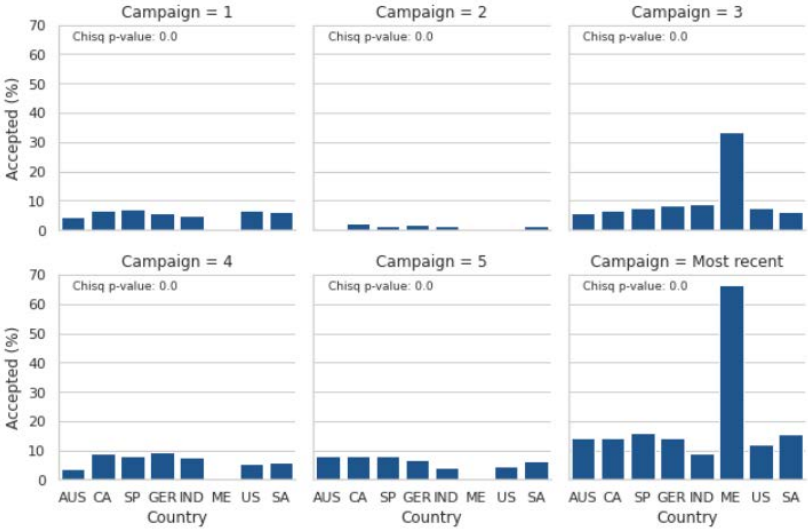


Рис. 7. Принятие рекламных кампаний в разных странах

По полученным данным можно сказать, что показатели принятия в целом низкие. Кампанией с наибольшим показателем принятия является последняя, а страной с самым высоким уровнем принятия является Мексика.

4. Визуализация данных

После анализа данных переходим к их визуализации. Определим среднестатистического клиента:

- родился в 1969 году;
- стал клиентом в 2013 году;
- имеет доход примерно в 52 000 долларов в год;
- имеет 1 неработающего в семье;
- совершил последнюю покупку 49 дней назад.

Среднестатистический клиент тратит: 25-50 долларов на фрукты, сладости, рыбу или золотые украшения; более 160 долларов на мясные продукты; более 300 долларов на вино – всего более 600 долларов. Самые популярные продукты: вино, мясная продукция.

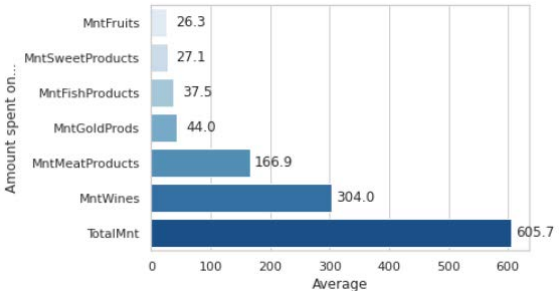


Рис. 8. Среднестатистические траты покупателя

Также, среднестатистический клиент:

– участвовал менее, чем в одной рекламной кампании;
– совершил 2 покупки по сделкам, 2 покупки по каталогу, 4 покупки в Интернете и 5 покупок в магазине;
– общее количество покупок составило 14;
– заходил на сайт 5 раз.

Неэффективные каналы: каталог, акции, рекламные кампании.

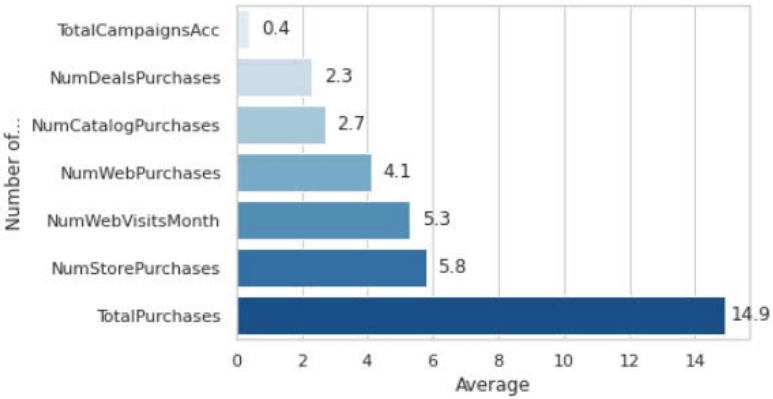


Рис. 9. Среднестатистические активности покупателя

По проанализированным данным можно сделать следующие выводы:

– Самой успешной рекламной кампанией была самая последняя кампания (название колонки: Ответ), и она была особенно успешной в Мексике (коэффициент принятия >60%!). Рекомендуется проводить будущие рекламные кампании с использованием той же модели, которая недавно была внедрена в Мексике.

– Принятие рекламной кампании положительно коррелирует с доходом и отрицательно коррелирует с наличием детей/подростков. Рекомендуется создать два потока целевых рекламных кампаний, один из которых нацелен на людей с высоким уровнем дохода без детей/подростков в семье, а другой – на людей с низким уровнем дохода с детьми/подростками.

– Наиболее успешными продуктами являются вина и мясо (т.е. в среднем покупатель тратит больше всего денег на эти товары). Рекомендуется сосредоточить рекламные кампании на увеличении продаж менее популярных товаров.

– Неэффективными каналами являются сделки и покупки по каталогу (т.е. средний клиент совершил наименьшее количество покупок по этим каналам).

– Наиболее эффективными каналами являются покупки в Интернете и магазинах (т.е. средний клиент совершил наибольшее количество покупок по этим каналам). Рекомендуется сосредоточить рекламные кампании на более успешных каналах, чтобы охватить больше клиентов.

Заключение

В данной статье был проведён анализ маркетинговой базы данных на основе машинного обучения. Были осуществлены исследовательский и статистический анализы, а также визуализация данных. В итоге проделанной работы мы выявили недостатки рекламных кампаний и предложили вариант повышения её эффективности.

Список литературы

1. Нестеров, С. А. Базы данных. Интеллектуальный анализ данных : учеб. пособие / С. А. Нестеров – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 272 с.

2. Маркетинговая аналитика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.kaggle.com/jackdaoud/marketing-data

3. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной системы / В.В. Мокшин, И.М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – № 5. – С. 46-51.

4. Мокшин, В. В. Рекурсивный алгоритм построения регрессионных моделей сложных вероятностных объектов / В. В. Мокшин, И. Р. Сайфудинов, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – №9. – С. 112-116.

Реализация внедрения программ роботов для автоматизации процессов в IT-подразделении

И. В. Попова, email: inessapopova0506@gmail.com

Asapio GmbH & Co. KG, Munich

Аннотация. *В статье рассматривается процесс реализации внедрения программ-роботов в IT-подразделении с учетом их приоритета по коэффициенту эффективности, определенному методом нечеткой логики. Предложена стратегия внедрения роботов на заданный период в организации с определенным бюджетом.*

Ключевые слова: *Динамическое программирование, программы роботы, бизнес-процессы, затраты на роботизацию, коэффициент эффективности.*

Введение

Динамическое программирование – раздел математического программирования, посвященный исследованию многошаговых задач принятия оптимальных решений. При этом многошаговость задачи отражает реальное протекание процесса принятия решений во времени, либо вводится в задачу искусственно за счет разделения процесса принятия однократного решения на отдельные этапы. Цель такого представления состоит в сведении исходной задачи высокой размерности к решению на каждом шаге задачи меньшей размерности. В основе динамического программирования лежит следующая простая характеристика оптимальной стратегии, сформулированная Р. Беллманом в 50-е годы 20-го века и названная принципом оптимальности Беллмана [1]: каковы бы ни были начальное состояние и первое решение, последующие решения составляют оптимальную политику по отношению к начальному состоянию, полученному в результате первого решения.

1. Выбор инструмента для оптимизации внедрения программ роботов

Алгоритм динамического программирования по определению количества программных роботов (RPA) для эффективного в экономической сфере функционирования организации, основанный на принципе оптимальности Беллмана, описывается следующим образом.

© Попова И. В., 2022

Изначально полагается, что все числовые параметры задачи – целые положительные числа.

Далее, для IT-подразделения определяются четыре категории, каждая из которых характеризуется наличием выбранных по коэффициентам эффективности (определенных в работе) программ роботов *i*

$$P = \{P_{11}, P_{12}, ..., P_{1i}, ..., P_{4m}\} \quad \forall\, i = \overline{1,\, m} \tag{1}$$

и экономическими затратами на внедрение в организации каждой программы робота

$$W = \{w_1, w_2, ..., w_i, ..., w_m\}. \tag{2}$$

Каждая программа робот имеет свой приоритет эффективности внедрения, который определяется с помощью метода нечеткой логики на основании оценок экспертов

$$V = \{v_1, v_2, ..., v_i, ..., v_m\}. \tag{3}$$

Бюджет внедрения программ роботов, отведенных на организацию принимается C>0. Целью распределения является выбор такого набора программ роботов, чтобы получить максимальный экономический эффект от их внедрения в организации.

При этом суммарный объем финансовых вложений не должен превышать выделенный организацией бюджет на автоматизацию. Предполагается, что

$$\sum_{i=1}^{n} w_i > C, \text{ и } w_i \le C \tag{4}$$

Для описания задачи на языке целочисленного линейного программирования вводятся следующие булевы переменные

$$x_i \in \{0,1\}, \quad \forall\, i = \overline{1,\, m}. \tag{5}$$

Если X_i=1 то робот будет реализован, в противном случае X_i=0. Таким образом имеется следующая задача булева линейного программирования:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{n} P_i x_i \to \max \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i \le C \tag{7}$$

Алгоритм состоит из m шагов. На каждом шаге принимается решение о том, внедрять или не внедрять одну из проранжированных по коэффициенту эффективности (с применением метода лингвистических переменных на основе нечеткой логики) программ роботов (т.е. X_i=1 или

X_i=0.). Это решение принимается для каждого состояния t, которое характеризует суммарное доступное количество программ. То есть, если на последующих шагах будут выполнены задания по времени равные

$$\sum_{i=j+1}^{n} w_i x_i \qquad j = 1, 2, ..., i$$

то для программ роботов внедряемых на последующих этапах остается

$$t = C - \sum_{i=j+1}^{n} w_i x_i$$

от бюджета. Решение строится с учетом всех возможных будущих состояний системы. На каждом шаге строится функция выигрыша [1, 2]

$$g_i(t) = \max_{x_i \in \{0,1\}} (p_i x_i + g_{i-1}(t - w_i x_i)), \ t \geq w_i x_i, \tag{8}$$

определенная в каждой целочисленной точке $0 \leq t \leq C$. Если, $t < w_i$ то X_i=0. Для каждой точки фиксируется соответствующее значение $X_i = \text{argmax} G_i(t)$. На шаге i=m в точке t=C имеем оптимальное решение согласно [2, 3].

При решении предложенной задачи используется метод динамического программирования, в котором реализуется разделение решения задачи на этапы. Определяется основные бизнес-процессы IT-подразделения и набор программ роботов согласно этим процессам. Определяется бюджет проекта внедрения. По полученным данным организуется выборка и выбираются те m программ роботов, которые могут быть внедрены с максимальной эффективностью. Далее используется построенная функция выигрыша и определяется та программа робот, которая будет внедрятся на определенном этапе. По окончании выполнения каждого из этапов данный алгоритм повторяется – выполнятся следующий этап.

2. Определение оптимального пакета внедряемых роботов на основе метода динамического программирования

Для реализации предложенной задачи разработана компьютерная программа проводящая выбор оптимального пакета программ роботов в зависимости от специфики бизнес-процессов, решаемых организацией.

На первом этапе работы определяются основные рутинные бизнес-процессы, выполняемые сотрудниками IT-подразделений, а также определяются ресурсы для внедрения роботов. Не все бизнес-процессы подходят для автоматизации, а среди процессов, подходящих для автоматизации с помощью технологии RPA, необходимо выбрать те, внедрение которых будет наиболее эффективно для компании [4]. Для этого, на втором этапе, необходимо сопоставить эффективность, которую принесет автоматизация данного бизнес-процесса, и затраты на

реализацию робота. Оценка эффективности каждого робота для автоматизации бизнес-процесса была проведена в [5]. На основе значения коэффициентов эффективности каждого робота, проводится сортировка и выбираются только те процессы, автоматизация которых принесет большую пользу. Оценка затрат на реализацию и значение коэффициентов эффективности для 10 рутинных бизнес-процессов представлены на рисунке 1.

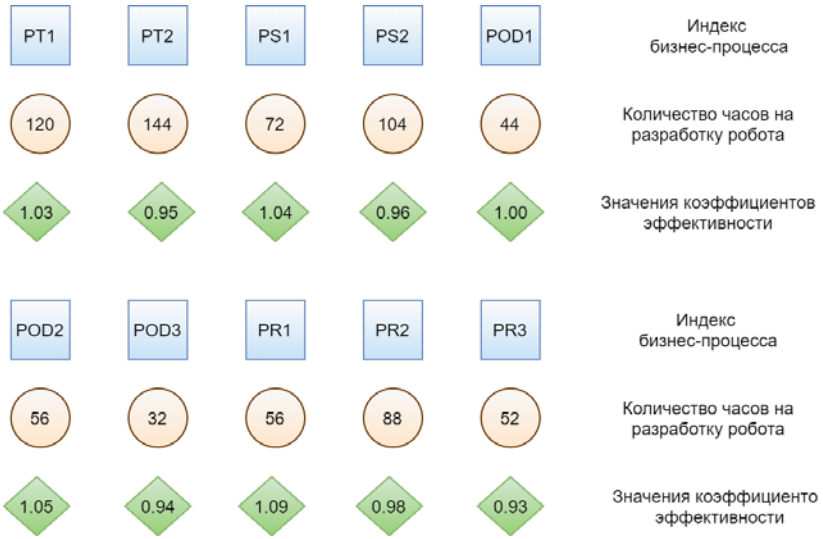


Рис. 1. Соответствие бизнес-процессов, затрат на роботизацию и коэффициентов эффективности

Далее необходимо определить те бизнес-процессы, автоматизация которых будет проходить в первую очередь с учетом ограниченного бюджета. Допустим, компания выделила на внедрение 320 часов, а на все 10 проектов требуется 720. Таким образом, реализовать сразу все проекты окажется невозможным. Поэтому в программе реализован предложенный выше метод динамического программирования. На его основе в ходе дальнейших шагов определяется стратегия внедрения роботов на заданный период с заданным бюджетом. На рисунке 2 представлено распределение проектов с учетом стоимости вндрения от меньшего к большему.

Анализ предлагаемых программой решений показал следующее. При различных бюджетах на внедрение роботизации пакет формируется из наиболее благоприятных по эффективности внедрения программ. При

изменении бюджета в рамках 300-400 часов состав программ в пакете изменяется таким образом, что достигается максимальный эффект от их внедрения и при этом не превышается выделенный организацией бюджет на автоматизацию.

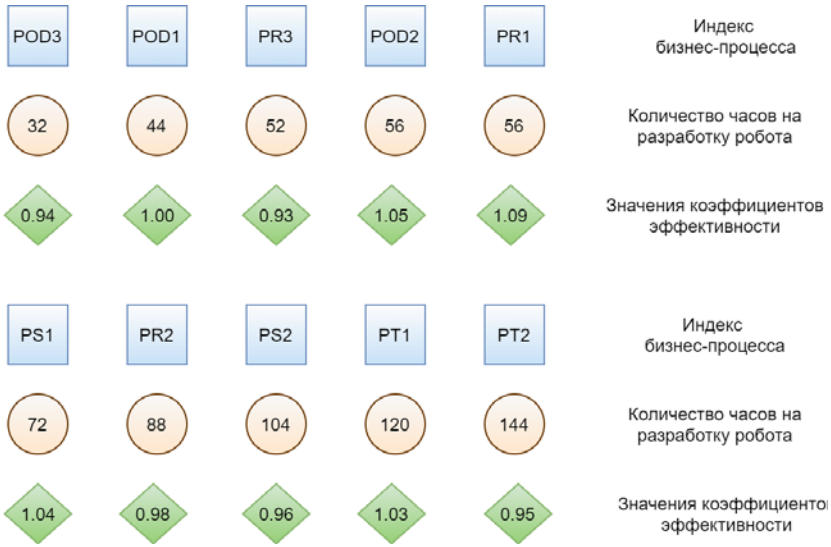


Рис. 2. Соответствие бизнес-процессов с учетом затраты часов от меньшего к большему

В результате выполнения программы для бюджета в 320 часов был получен следующий набор бизнес-процессов для роботизации: PS1, PR1, PR3, POD1, POD2, POD3.

Заключение

Основные достоинства предлагаемых в статье решений заключаются в том, что внедрение программ роботов организовано с учетом приоритета по коэффициенту эффективности, определенному методом нечеткой логики. По окончании каждого этапа внедрения программ роботов бюджет пересчитывается, а значит, организация никогда не превысит бюджет. Более того, расчеты и внедрение могут быть произведены на любом этапе, даже если организация уже использует некоторое количество роботов.

Список литературы

1. Щербина, О.А. Методологические аспекты динамического программирования / О.А. Щербина // Динамические системы, 2007, вып. 22. – 368 с.

2. Окулов, С.М. Динамическое программирование / С.М. Окулов, О.А. Пестов – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 296 с.

3. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест – М.: МЦНМО, 2000.-960 с.

4. Smeets, M. Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft. / M. Smeets, R. Erhard, T. Kaußler. – Berlin: Springer Verlag. 2019. – P. 2-15.

5. Попова, И.В. Методы оценивания эффективности роботизации процессов. / И.В. Попова // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXI Международной научно-методической конференции, под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – 1288-1295 с.

Вопросы разработки программно-алгоритмических средств проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочных машин

А. Р. Рузикулов, email: rarshef@mail.ru
Ш. А. Ахмедов, email: sheran1@mail.ru

ООО «Узбекский конструкторско-технологический центр сельхозмашиностроения»

Аннотация. *В данной работе рассмотрены методы расчета параметров для проверки работоспособности усилителей рулевого управления, являющейся неотъемлемой частью процесса проектирования и исполнения управляемой оси хлопкоуборочной машины. Предложен алгоритм расчета параметров для оценки работоспособности усилителей рулевого управления, описаны программные средства, представляющие результаты расчета для сравнительного анализа гидроцилиндров и поддержки принятия решений.*

Ключевые слова: *хлопкоуборочная машина, управляемая ось, компоновка направляющего моста, усилители рулевого управления, гидроцилиндры, алгоритм, программные средства.*

Введение

Современные тенденции развития сельскохозяйственного производства основываются на широком использовании высокопроизводительной техники и энергосберегающих технологий. Основными направлениями повышения производительности являются улучшение динамических характеристик, расширение диапазона работоспособности и контроль режимными и эксплуатационными параметрами хлопкоуборочных машин. При этом немаловажное значение имеет решение проблемы, связанная с управляемостью задней управляемой оси хлопкоуборочной машины. Данная проблема влияет на процесс управления хлопкоуборочной машиной на поворотах или разворотах, а также на производительность машины и надежность ее механизмов и частей.

Рабочей группой ООО «Узбекский конструкторско-технологический центр сельхозмашиностроения» велись работы по совершенствованию конструкции управляемой оси хлопкоуборочной машины МХ-1,8. Предложена новая модернизированная компоновка направляющего моста, которая должна быть апробирована с целью

© Рузикулов А. Р., Ахмедов Ш. А., 2022

улучшения динамических характеристик, расширения диапазона работоспособности и контроля режимными и эксплуатационными параметрами хлопкоуборочных машин.

Для этого необходимо было решение следующих задач:

– расчет и оценка статической прочности балки заднего моста при экстремальных рабочих условиях;

– расчет и проверка оси заднего колеса (расчет нагрузок, действующих на ось заднего колеса при экстремальных рабочих условиях; расчет на статическую прочность оси заднего колеса; проверочный расчет статической прочности и долговечности подшипников оси заднего колеса);

– проверка работоспособности усилителей рулевого управления.

В работах [1-2] приведены результаты программно-алгоритмической реализации задач экспериментального исследования некоторых конструктивных элементов управляемых осей хлопкоуборочной машины и принятия рационального технического решения по ее конструкции и механизмов.

Расчет параметров для проверки работоспособности усилителей рулевого управления

Рулевое управление хлопкоуборочной машины состоит из рулевого механизма, рулевого привода и усилителей. Поворот двух направляющих задних колес хлопкоуборочной машины выполняют при помощи механизма рулевой трапеции с одной поперечной тягой. Механизм поворота обеспечивает высокую маневренность хлопко-уборочной машины при всех условиях эксплуатации, не допускает проскальзывания управляемых колес, обеспечивает устойчивое прямолинейное движение, качение колес с минимальной затратой мощности, минимальный износ шин.

Выход из глубокой колеи или борозды затрудняет управление, резко увеличивая сопротивление повороту хлопкоуборочной машины. Для облегчения управления хлопкоуборочной машиной в тяжелых условиях эксплуатации и поглощения ударов при наезде на препятствие машина снабжена гидравлическим усилителем рулевого управления.

Для расчета параметров и оценки вариантов рулевого управления необходимо учесть то на базе какого трактора выполняется хлопкоуборочная машина и компоновки силовых гидроцилиндров, установленных на хлопкоуборочной машине [3-9].

Рассмотрим возможность поворота хлопкоуборочной машины с задними управляемыми и передними ведущими колесами (рис. 1).

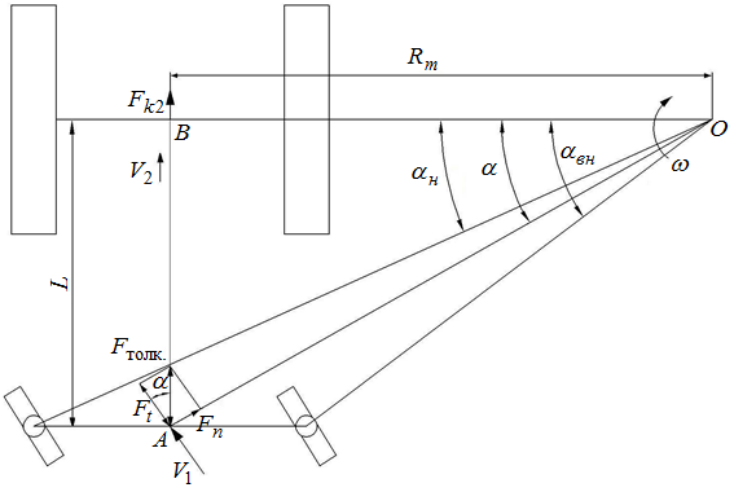


Рис. 1. Хлопкоуборочная машина на базе трактора ТТЗ LS100 НС

$$\sin\alpha \cdot |OA| = L;\ |OA| = \frac{L}{\sin\alpha};\ R_m = \cos\alpha \cdot |OA| = \text{arctg}\alpha \cdot L.$$

Касательная сила тяги переднего моста F_{k2} приложена в точке B – середине переднего моста и направлена вдоль продольной оси трактора. Управляемые колеса заднего моста, повернутые на средний угол α, перемещаются под действием толкающей силы $F_{\text{толк.}}$, передаваемой мосту от остова трактора. Толкающая сила приложена в точке A – середине заднего моста и действует вдоль продольной оси трактора.

Сила $F_{\text{толк.}}$ раскладывается на две составляющие: силу $F_t = F_{\text{толк.}} \cdot \cos\alpha$, направленную под углом α к продольной оси трактора, и силу $F_n = F_{\text{толк.}} \cdot \sin\alpha$, перпендикулярную силе F_t.

Для того, чтобы управляемые ведомые колеса перемещались в плоскости вращения, толкающая сила не должна быть больше силы их сцепления с опорной поверхностью

$$F_{\text{толк.}} \le \phi \cdot G_k \text{ или } \sqrt{F_t^2 + F_n^2} \le \varphi \cdot G_k,$$

где ϕ – коэффициент сцепления колеса с почвой;

G_k – нагрузка на задние колеса.

В остальных случаях жесткие в боковом направлении колеса будут перемещаться не в плоскости вращения. Чтобы колесо в плоскости вращения перемещалось без скольжения, тангенциальная составляющая толкающей силы должна быть больше или равной силе сопротивления качению, т.е. $F_t \geq F_{\text{сопр.}}$. Подставляя значения сил, получим $\varphi \cdot G_k \geq f \cdot G_k$.

Откуда находим условие качения управляемого колеса в плоскости его вращения

$$\cos\alpha \geq \frac{f}{\phi}. \qquad (2)$$

При ухудшении почвенно-дорожных условий увеличивается коэффициент сопротивления качению f и уменьшается коэффициент сцепления ϕ, что приводит к увеличению правой части неравенства. Следовательно, в этом случае уменьшается допустимый угол поворота ведомого управляемого колеса, при котором еще возможно качение колеса в плоскости его вращения без скольжения.

Поворот хлопкоуборочной машины производится изменением положения направляющих колес в горизонтальной плоскости относительно остова трактора.

Поворачивающий момент, необходимый для изменения направления движения хлопкоуборочной машины, создается за счет боковой реакции почвы, возникающей при повороте направляющих колес.

Момент сопротивления повороту управляемых колес определяется по формуле

$$M_{nc} = \frac{\phi_p}{3} \cdot \sqrt{\frac{G_k^3}{p}}, \qquad (3)$$

где φ_p – коэффициент сопротивления повороту колес;

G_k – нагрузка, приходящаяся на управляемые колеса;

p – давление воздуха в шинах.

Усилителем рулевого управления на хлопкоуборочной машине служат два гидроцилиндра, которые крепятся одним концом к балке оси задних колес, а другим концом к поворотному рычагу направляющих колес. Схема установки гидроцилиндров применительно МХ-1,8 показана на рис. 2-3. Точка k_0 соответствует прямолинейному движению агрегата. Конец штока гидроцилиндра движется по окружности радиуса h. Рассматривается произвольная точка Д, расположенная на

окружности. Д – место крепления штока гидроцилиндра к поворотному рычагу.

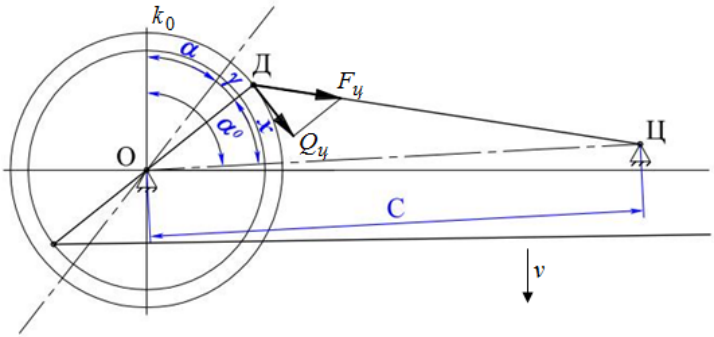


Рис. 2. Работа минимальной площади поршня гидроцилиндра ($|ЦД| \le C$)

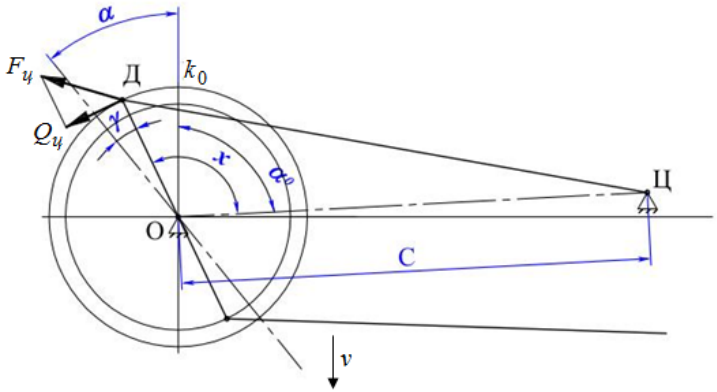


Рис. 3. Работа максимальной площади ($|ЦД| \ge C$)

Когда угол α меняется в пределах $0° \le \alpha \le 38{,}15°$, поршень гидроцилиндра задвигается и работает минимальная площадь

$$f_{\min} = \frac{\pi \cdot (d_н^2 - d_{вн}^2)}{4}.$$

При этом усилие, развиваемое гидроцилиндром

$$F_{цз} = p_ц \cdot f_{\min}.$$

Когда угол α меняется в пределах $-52{,}14° \le \alpha \le 0°$, поршень гидроцилиндра выдвигается и работает максимальная площадь

$$f_{\max} = \frac{\pi \cdot (d_н^2)}{4}.$$

Усилие, развиваемое гидроцилиндром

$$F_{цв} = p_ц \cdot f_{\max}.$$

Крутящий момент относительно оси шкворня, создаваемый гидроцилиндром при повороте колеса

$$M_ц = Q_ц \cdot h, \quad Q_ц = F_ц \cdot \sin\gamma.$$

Угол γ определяется из $\Delta ЦДО$:

$$|ЦО| = C; \quad ;$$

$$x = \alpha_0 - (\alpha + \gamma); \quad \sin(\gamma + 90) = C \cdot \sin(x) / L.$$

Условие, при котором обеспечивается работоспособность гидроцилиндров

$$M_ц > M_{пс}. \tag{4}$$

Алгоритм решения задачи

Алгоритм расчета параметров по проверке работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочной машины можно описать с помощью следующих блоков.

1. Формирование и ввод исходных данных для расчета параметров: марка тракторного агрегата; база – L (мм); колея колес – B (мм); вес, приходящийся на задние колеса – G_2 (Н, кгс); шины направляющих колес; статический радиус шины заднего колеса – r_2 (мм); наружный диаметр шины – D (мм); ширина профиля шины – b (мм); грузоподъемность шины – $G_{гр.}$ (кгс); давление в шине – $p\,(\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2})$; значение коэффициента сцепления с почвой – φ_c (на мокрой стерне $\phi_c = \phi_{\min} = 0{,}5$); максимальный коэффициент сопротивления качению – $f_{K\max}$ (на мокрой стерне $f_{K\max} = 0{,}12$); значение коэффициента сопротивления повороту колес – φ.

2. Ввод исходных данных по применяемым гидроцилиндрам: рабочая длина гидроцилиндра при повороте – L_α (при $\alpha_{\min}$ и $\alpha_{\max}$, мм); рабочая длина гидроцилиндра в прямолинейном движении – C (мм);

рабочая длина гидроцилиндра при $\alpha = 0$ – L_0 (мм); радиус движения штока гидроцилиндра – h (мм); максимальный угол поворота наружного (α_{max}, град.) и внутреннего (α_{min}, град.) колеса; наружный диаметр поршня – $d_н$ (мм); внутренний диаметр штока поршня – $d_{вн}$ (мм); давление масла в гидроцилиндре – $p_ц$ ($\frac{кгс}{мм^2}$); значение шага расчета – $\Delta\alpha$ (град.).

3. Расчет $\alpha_{ср} = (\alpha_{max} - \alpha_{min})/2$ и проверка выполнения условия по формуле (1).

4. Рассмотреть угол поворота внутреннего колеса $\alpha_{1i} = \alpha_{min}$ (град.), $i = 1$. Определить угол поворота α_{2i}.

5. Определение момента сопротивления повороту управляемых колес по формуле (2).

6. Если $\alpha_{1i} \le 0$, то расчет максимальной площади работы гидроцилиндра по формуле $f_{max} = \frac{\pi \cdot (d_н^2)}{4}$ ($мм^2$) и усилия $F_{цв_{1i}} = p_ц \cdot f_{max}$ (кгс), развиваемое гидроцилиндром, в противном случае – минимальной площади $f_{min} = \frac{\pi \cdot (d_н^2 - d_{вн}^2)}{4}$ ($мм^2$) и $F_{цз_{1i}} = p_ц \cdot f_{min}$ (кгс). Выполнить эти расчеты и для α_{2i}.

7. Определение угла $x = \alpha_0 - (\alpha + \gamma)$ (град.) и определение угла γ из соотношения: $(\gamma + 90) = \arcsin(C \cdot (\sin(x)/L)$ (град.) для $\alpha = \alpha_{1i}$ и $\alpha = \alpha_{2i}$.

8. Расчет усилий, создаваемый гидроцилиндрами при повороте колеса $Q_{цз_{1i}} = F_{цз_{1i}} \cdot \sin\gamma$ и $Q_{цв_{1i}} = F_{цв_{1i}} \cdot \sin\gamma$ для $\gamma = \gamma_{1i}$ и $\gamma = \gamma_{2i}$.

9. Расчет крутящего момента относительно оси шкворня, создаваемый гидроцилиндрами при повороте колеса $M_{цз} = Q_{цз} \cdot h$ и $M_{цв} = Q_{цв} \cdot h$ для $Q_{цв} = Q_{цв_{1i}}$ и $Q_{цв} = Q_{цв_{2i}}$; $Q_{цз} = Q_{цз_{1i}}$ и $Q_{цз} = Q_{цз_{2i}}$.

10. Определение крутящего момента, создаваемый двумя гидроцилиндрами: $M_{цi} = M_{ц1i} + M_{ц2i}$ (кгс·мм).

11. Проверка выполнения условия по формуле (3).

12. Если $\alpha_{1i} > \alpha_{max}$, то переход к следующему блоку, в противном случае принимать $\alpha_{1i} = \alpha_{1i} + \Delta\alpha$, определение α_{2i} и переход к блоку 3.

13. Представление результатов расчета поворота агрегата по обеспечению работоспособности гидроцилиндров. Экспорт исходных данных и полученных результатов в рабочую книгу MS Excel по усмотрению проектировщика.

14. Переход к блоку 1 для продолжения расчетов.

Программная реализация алгоритма

Программные средства реализованы в составе комплекса программ «Расчет конструктивных и динамических параметров для оценки работоспособности управляемой оси хлопкоуборочной машины в экстремальных условиях». Для проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочной машины в программном комплексе предусмотрена команда «Проверка усилителей рулевого управления» пункта меню «Расчет». При этом представляется диалоговое окно (рис. 4). В окне представляются поля ввода данных, описывающие характеристики трактора и агрегата, а также гидроцилиндров, принятых алгоритмом решения задачи. Для числовых полей обеспечивается контроль целостности данных, для полей соответствующих коэффициентам – ограничения на их минимальные и максимальные значения.

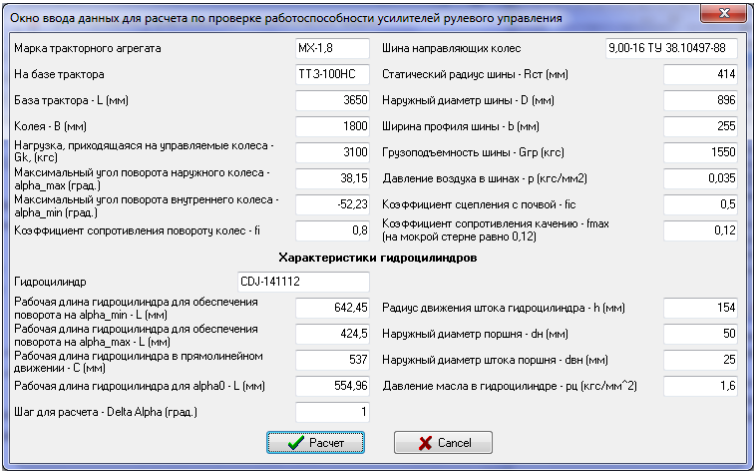


Рис. 4. Окно ввода данных для расчета параметров по проверке работоспособности усилителей рулевого управления

С использованием кнопки «Расчет» можно перейти к окну: «Результаты расчета по проверке работоспособности усилителей

рулевого управления». В верхней части этого окна представляются значения: среднего угла поворота управляемых колес; условии качения управляемого колеса в плоскости ее вращения, момента сопротивления управляемых колес, рассчитываемых по соответствующим формулам.

В табличном виде представляются значения вычисляемых параметров, соответствующих углам поворота внутреннего $\alpha_{1i}(\alpha_{1i} = \alpha_{1i-1} + \Delta\alpha)$, $\alpha_{10} = -52{,}33°$ и внешнего $\alpha_{2i}(\alpha_{2i} = \alpha_{2i-1} + \Delta\alpha)$, $\alpha_{20} = 38{,}15°$ колес. В таблице представляются значения параметров: правой части условия качения управляемого колеса в плоскости ее вращения; площади работы поршня гидроцилиндра; усилие, развиваемое гидроцилиндром; рабочей длины, угла поворота и приращения угла поворота колес I и II гидроцилиндра для обеспечения поворота колес на α_{1i}, α_{2i} соответственно, сил и крутящих моментов, создаваемых гидроцилиндрами, а также результаты по выполнению условия $M_{ц_{\min}} > M_{пс}$.

В этом окне предусмотрена возможность представления результатов по выполнению правой части условия качения и условии $M_{ц_{\min}} > M_{пс}$ при углах поворота α_{1i}, α_{2i} внутреннего и внешнего колес. Предусмотрена возможность экспорта исходных данных, параметров вычисления и результатов расчетов в рабочую книгу MS Excel.

Предложенными программно-алгоритмическими средствами обеспечиваются расчет параметров для оценки работоспособности усилителей рулевого управления, поддержка принятия решений с выдачей результатов для сравнительного анализа гидроцилиндров. Программно-алгоритмические средства могут быть использованы и для различных хлопкоуборочных машин на базе различных тракторов, позволяя оценить работоспособность усилителей рулевого управления и поддержки принятия решений по выбору наиболее подходящего варианта исполнения.

Список литературы

1. Рузикулов, А. Р. Программно-алгоритмические средства расчета конструктивных и динамических параметров управляемых осей технологических машин для оценки их работоспособности / А. Р. Рузикулов, Ш. А. Ахмедов // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Том 5. – Воронеж, Издательство «Научно-исследовательские публикации», ООО «Вэлборн». 2018. –С. 207-212.

2. Рузикулов, А. Р. Программно-алгоритмическая реализация задачи расчета оси заднего колеса хлопкоуборочной машины / А. Р. Рузикулов, Ш. А. Ахмедов // Доклады Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении» (Самарканд, 5-6 сентября 2019 г.). – Ташкент, 2019. –С. 95-100.

3. Анилович, В. Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справочное пособие / В. Я. Анилович, Ю. Т. Водолажченко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Машиностроение», 1976. – 455 с.

4. Барский, И. Б. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и тракторы». –3-е изд. перераб. и доп. –М., «Машиностроение», 1980. –335 с.

5. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.

6. Васильченко, В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник. –М., «Машиностроение», 1983. –301 с.

7. Тракторы: Теория: Учебник для студентов по спец. «Автомобили и тракторы» / В. В. Гуськов [и др]. Под общ. ред. В. В. Гуськова. –М.: «Машиностроение», 1988. –376 с.

8. Иванов, М. Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. –М.: «Высшая школа», 2008. –408 с.

9. Смирнов, Г. А. Теория движения колесных машин: Учеб. для студентов машиност. спец. вузов. – 2 изд., доп. и перераб. – Москва: «Машиностроение», – 1990. – 352 с.: ил.

Использование методов машинного обучения для оценки прогнозирования продаж товара

Ю. А. Сердинская, email: serdinskaja2017@yandex.ru
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В статье содержится описание этапов подготовки и анализа данных о продажах товаров продуктового магазина за один год. Практическая реализация произведена на языке программирования Python в среде разработки Jupyter Notebook.*

Ключевые слова: *анализ данных, машинное обучение, визуализация данных, прогнозирование, Python.*

Введение

Сегодня мировая экономика претерпевает колоссальные изменения. Возможность предсказать направления развития рынка и прогнозирования прибыли приобрело первостепенное значение. Для решения этих задач применяется машинное обучение (Machine Learning). Оно быстро развивается и вызывает сильный интерес у многих компаний. Но не всегда компаниям ясно, как можно применить эти технологии в повседневном бизнесе.

Анализ данных и построение корректного прогноза, учитывающего данные о продажах и влияние признаков, таких как цены и различные события, сильно влияют на планирование всего бизнеса. Практическая значимость заключается в том, что метод, предложенный в результате исследования, выявляет и учитывает закономерности между объемами продаж и признаками при построении прогноза. Повышается качество прогноза, которое положительно влияет на планирование бизнеса и принятие решений в неопределенных условиях.

Также важен баланс между объемом поставок и продажами товаров, поэтому использование современных методов прогнозирования, основанных на технологиях машинного обучения, можно считать перспективным направлением.

1. Цель исследования

Цель данной научно-технической работы является исследование возможностей применения методов машинного обучения.

© Сердинская Ю. А., Мокшин В. В., 2022

Для достижения цели необходимо выполнить ряд задач:

– выполнить предварительный анализ выборки (поиск пропусков, выбросов, аномалий и т.д.).

– выполнить временное прогнозирование.

– вычислить парные коэффициенты линейной корреляции.

– выполнить прогнозирование прибыли с помощью нейронной сети.

– оценить качество полученных результатов

2. Реализация

В качестве реальных данных был взят датасет с ежемесячным отчетом о продажах с указанием групп товаров, названий, количества, цен покупки, продажи и наценки, размещенный на платформе Kaggle [1], который представляет собой данные о продажах за 2018 год.

Выбранный набор данных представляет собой таблицу формата «csv», которая состоит из следующих столбцов: дата; идентификационный номер продукта; название группы продуктов; название продукта; количество товара; чистая цена единицы товара; общая чистая стоимость товаров; цена единицы товара с учетом прибыли; максимальная цена за единицу товара; общая максимальная стоимость товаров; валовая стоимость товара; валовая прибыль в процентах; процент маржи; прибыль за единицу товара; прибыль от продажи всех; доля в марже.

Количество строк соответствует количеству товаров и равно 23181. Структура таблицы продаж представлена на рис. 1.

	Date	PKod	Pgroup	Pname	Pquantity	pce_zn	pwa_zn	pce_sn	pwa_sn	pce_sb	pwa_sb	pudzsb	pmarza	pmarzajedn	pkwmarza
0	01.01.2018	5307	CHEMISTRY	PATYCZKI BELLA 200	1	1,77	1,77	2,57	2,57	2,78	2,78	0	31,13	0,8	0,8
1	01.01.2018	5986	CHEMISTRY	ACE 1 L	1	3,2	3,2	5,68	5,68	6,99	6,99	0,01	43,66	2,48	2,48
2	01.01.2018	399	DAIRY_CHESSE	ALMETTE CZOSNEK NIEDZWIEDZI 150GR	4	2,68	10,72	3,8	15,2	3,99	15,96	0,02	29,47	1,12	4,48
3	01.01.2018	2246	DAIRY_CHESSE	ALMETTE JOGURTOWY 150G HOCHLAND	4	2,68	10,72	3,8	15,2	3,99	15,96	0,02	29,47	1,12	4,48
4	01.01.2018	2247	DAIRY_CHESSE	ALMETTE OGOREK/ZIOLA 150G	4	2,68	10,72	2,85	11,4	3,99	11,98	0,01	5,96	0,17	0,68

Рис. 1. Структура таблицы продаж

Для дальнейшей работы с данной таблицей были выполнены следующие преобразования: преобразованы столбец Data, заведен столбец Month, который содежит информацию о месяце продаж.Создан словарь групп товаров: каждой группе присвоено цифровое значение. Столбцы, имеющие тип Object, но имеющие числовое значение, которые преобразованы в тип данных float64.

Визуальный анализ временных рядов показал, что столбцы имеют хорошую наполненность значениями, а для пустых ячеек была проведена замена на среднее значение по столбцу [2].

Затем был проведен анализ продаж по группам товаров за год, при этом оценивался ассортимент продаваемых товаров и прибыли, получаемой от их продажи, результаты представлены на рис. 2.

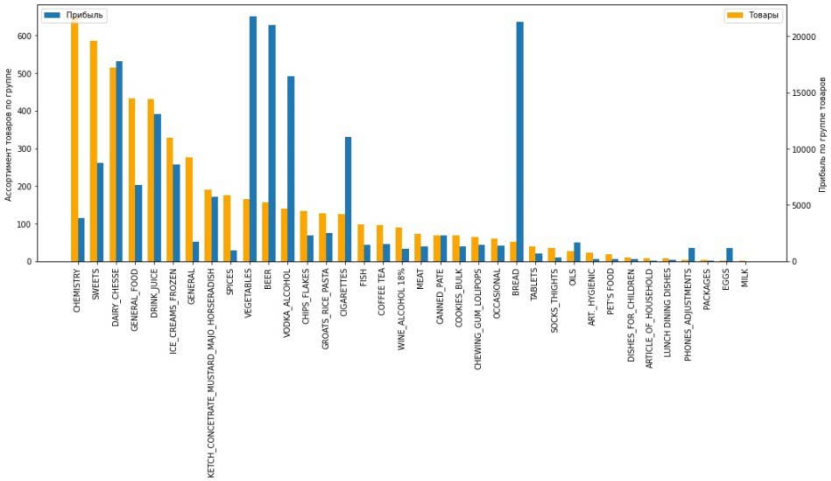


Рис. 2. Анализ продаж по группам товаров за год.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что размер прибыли не зависит от разнообразия ассортимента по группе.

В разрезе по месяцам за год была проанализирована суммированная прибыль от продажи товаров по месяцам (рис. 3).

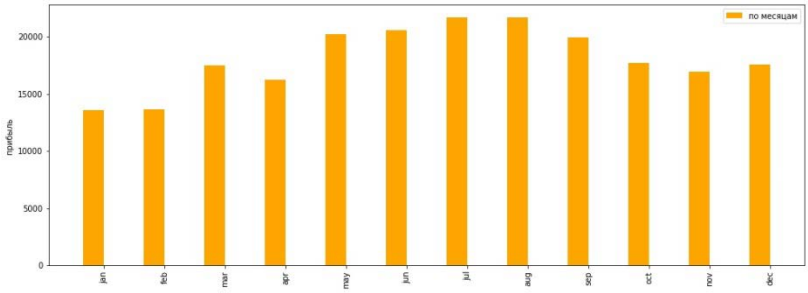


Рис. 3. Суммированная прибыль от продажи товаров по месяцам

Анализ показал, что наиболее высокий уровень прибыли приходился на летний период года.

Для выявления взаимосвязи факторов был проведен корреляционный анализ данных [3] (рис.4) .



Рис. 4. Корреляционный анализ данных

Отдельно рассмотрена линейная корреляция между прибылью и количеством проданных товаров (Pquantity pudzmarza = 0.766460). График представлен на рис. 5.

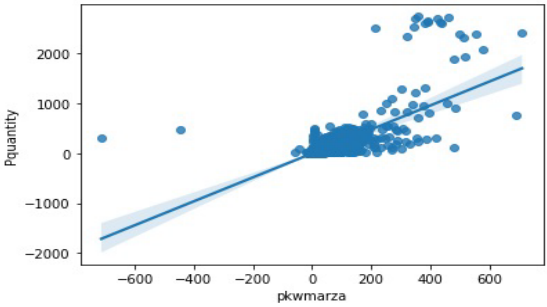


Рис. 5. Корреляция между прибылью и количеством проданных товаров

На рис. 6 представлена линейная корреляция между прибылью и общей суммой продаж (pwa_sn pkwmarza = 0.774149).

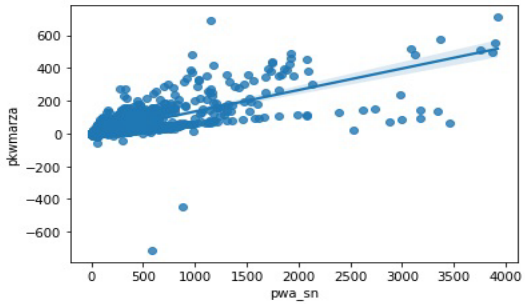


Рис. 6. Корреляция между прибылью и общей суммой продаж

Итоги анализа данных: общая прибыль продаж линейно зависит от количества проданного товара и его стоимости.

Для прогнозирования валовой прибыли в данной работе использована библиотека глубокого обучения Keras, которая обеспечивает взаимодействие с искусственными нейронными сетями [4]. Для анализа данных была выбрана последовательная модель Sequential, которая представляет собой линейную совокупность слоев [5].

Были выбраны две модели с различным количеством выходных узлов в слое и с разным количеством слоев. Исходные данные были разделены на две части, 80% данные для обучения нейронных сетей и 20% для тестирования и получения прогноза по получению валовой прибыли [6].

Прогнозы, полученные этими моделями, представлены на рис.7 и рис. 8.

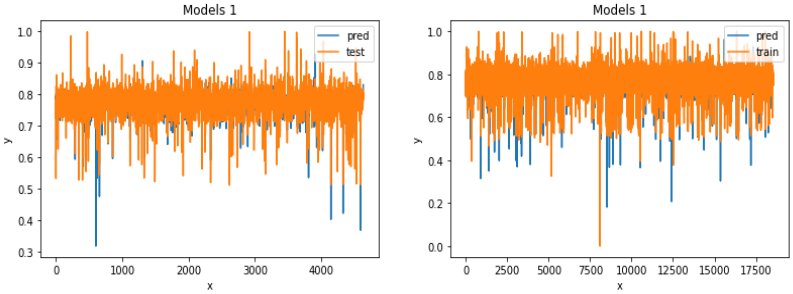


Рис. 7. Сравнение реальных и предсказанных данных моделью 1

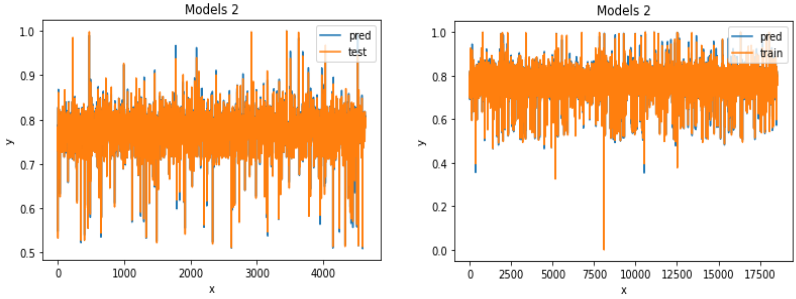


Рис. 8. Сравнение реальных и предсказанных данных моделью 2

Вторая модель, содержащая большее число узлов в слоях и большее количество слоев, показала более высокую точность прогнозирования.

Заключение

Проведенная работа еще раз подтвердила высокий потенциал использования методов машинного обучения при решении задач прогнозирования. Рассмотренный метод анализа данных применим к любому набору данных. На базе полученных результатов можно провести построение более высокоуровневых моделей для применения в исследовательских целях, а так же для создания систем анализа и прогнозирования в сфере продаж.

Список литературы

1. Система организации конкурсов по исследованию данных: сайт платформы Kaggle. [Электронный ресурс]. URL: https://www.kaggle.com/ (дата обращения: 15.11.2021)

2. Мокшин, В. В. Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / В. В. Мокшин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2009. – № 3. – С. 89-93.

3. Мокшин, В. В. Метод формирования модели анализа сложной системы / В. В. Мокшин, И. М. Якимов // Информационные технологии. – 2011. – № 5. – С. 46-51.

4. Мокшин, В. В. Применение математических моделей и алгоритмов при планировании и прогнозировании потребления водных ресурсов / В. В. Мокшин, А. В. Спиридонова, Г. В. Спиридонов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. –№ 4. – Т. 17. – С.57-64.

5. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Мокшин В. В. [и др.] // Нелинейный мир. – 2009. – № 1. – Т. 7. – С.66-76.

6. Рекурсивный алгоритм построения регрессионных моделей сложных вероятностных объектов / В. В. Мокшин, И. Р. Сайфудинов, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. –2017. – № 9. – Т. 20. – С.112-116.

Исследование группы цифровых двойников предприятий

А. Н. Сытов, email: an-sytov@yandex.ru
А. В. Вахранев, email: anton22255@yandex.ru
Ф. И. Ерешко, email: fereshko@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *Рассматривается группа цифрового двойника предприятий-динамических базовых моделей- описывающей процессы развития производства, динамику материальных (продукция, производственные фонды) и финансовых потоков (инвестиции, активы, обязательства, собственный капитал), а также допускающей учёт технологических связей, централизации управления и экономических целей производства. Приводится постановка оптимизационной задачи для одного предприятия, когда предприятие выступает как самостоятельный экономический агент. Для группы предприятий формируется теоретико-игровая модель в варианте Коалиции и при наличии управляющего Центра, располагающего первичными ресурсами для производств и административными рычагами*

Ключевые слова: *цифровой двойник, динамика, материальные и финансовые потоки, оптимизация, игра Г1.*

Введение

В условиях широкой цифровизации в стране технологий и организационных структур принципиальное значение приобретает проблема построения Цифровых Платформ, как совокупности методических установок, математических моделей динамики процессов производства, систем управления, баз необходимых данных, технологических связей с учётом широкого спектра целевых установок в экономике и наличия неопределённых факторов.

Очевидно, что построение Цифровых платформ начинается с разработки цифровых двойников предприятий – их базовых моделей.

В работе рассматриваются проблемы описания группы цифровых двойников, приводятся формулировки задач управления, анализа методов решения оптимизационных и теоретико-игровых задач, возможности проведения имитационных экспериментов.

Работа продолжает работы [11-12]

© Сытов А. Н., Вахранев А. В., Ерешко Ф. И., 2022

1. Базовая модель отдельного предприятия

Описание приводится в работе авторов [1-3, 12]. Учитывая опыт построения экономико-математических моделей и принимая во внимание финансовые ограничения [1-3], описание условного предприятия задаётся в виде Базовой модели, включающей в своем составе следующие основные блоки.

2. Материальный баланс

Блок «Производство»: следующие переменные относятся к шагу t: X_k^p – запасы продуктов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^p$ – выпуск продуктов; $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}$ – количество продуктов, идущих на создание производственных фондов (фондообразующие продукты); $\mathbf{y}_k^{p,p}$ – количество продуктов идущих непосредственно на производство (сырьевые продукты); $\mathbf{x}_k^{p,+}$ – количество продуктов, поступающих на предприятие; $\mathbf{x}_k^{p,-}$ – количество продуктов, уходящих с предприятия. Тогда динамика количества продуктов предприятия описывается следующим конечно-разностным уравнением:

$$\begin{aligned} &X_k^p(t+1) = X_k^p(t) + \mathbf{x}_k^{p,+}(t) + \mathbf{z}_k^p(t) - \\ &-\mathbf{x}_k^{p,-}(t) - \mathbf{y}_k^{p,p}(t) - \mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t), X_k^p(1) = X_k^{p,0} \end{aligned} \quad (1)$$

Блок «Производственные фонды»: $X_k^{\varphi}(t)$ – количество производственных фондов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^{\varphi}(t)$ – производственные фонды, созданные на шаге t. Динамика количества производственных фондов:

$$X_k^{\varphi}(t+1) = X_k^{\varphi}(t) + \mathbf{z}_k^{\varphi}(t), X_k^{\varphi}(1) = X_k^{\varphi,0} \quad (2)$$

Блок «Труд»: $X_k^l(t)$ численность сотрудников различных специальностей на начало шага t (вектор размерности); $\mathbf{x}_k^l(t)$. – изменение численности персонала предприятия на шаге t.

$$X_k^l(t+1) = X_k^l(t) + \mathbf{x}_k^l(t) \quad (3)$$

Пусть $\mathbf{u}_k^p$ – вектор интенсивностей процессов производства, а $\mathbf{u}_k^{\varphi}$ – вектор интенсивностей процессов создания фондов. Запишем линейные соотношения, описывающие выпуск продукции и создание производственных фондов:

$$\mathbf{z}_k^p(t) = \mathbf{A}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t), \mathbf{B}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t) \le \mathbf{q}_k^p(t)$$

$$\mathbf{z}_k^{\varphi}(t) = \mathbf{A}_k^{\varphi}(t) \cdot \mathbf{u}_k^{\varphi}(t), \mathbf{B}_k^{\varphi}(t) \cdot \mathbf{u}_k^{\varphi}(t) \le \mathbf{q}_k^{\varphi}(t)$$

$$\mathbf{q}_k^{p}(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,p}(t), X_k^{l}(t), X_k^{\varphi}(t)\right), \mathbf{q}_k^{\varphi}(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t), X_k^{l}(t), X_k^{\varphi}(t)\right)$$

Здесь $\mathbf{A}_k^{p}$, $\mathbf{A}_k^{\varphi}$ – матрицы удельных норм выпуска продукции и создания фондов; $\mathbf{B}_k^{p}$, $\mathbf{B}_k^{\varphi}$ – матрицы удельных затрат выпуска продукции и создания фондов. Также мы ввели обозначения $\mathbf{q}_k^{p}(t)$ и $\mathbf{q}_k^{\varphi}(t)$ для векторов ресурсов, необходимых соответственно для производства продукции и создания фондов на шаге t.

Замечание о производственных функциях. Выше записаны соотношения в соответствии с производственной функцией Леонтьевского типа.

Предусматривается возможность использования в модели других видов производственных функций:

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^{p}(t)\right) = a_i \cdot \left(\begin{array}{l} \sum\limits_{i \in I^p} \alpha_i \cdot \left(y_i^{p,p}(t)\right)^{\rho} + \\ + \sum\limits_{r \in R^p} \alpha_r \cdot \left(X_r^{l}(t)\right)^{\rho} + \sum\limits_{j \in J^p} \alpha_j \cdot \left(X_j^{f}(t)\right)^{\rho} \end{array} \right)^{\beta/\rho} \tag{4}$$

CES функции.

$$F_i\left(t, q^{p}(t)\right) = a_i \cdot \prod_{i \in I^p} \left(y_i^{p,p}(t)\right)^{\alpha_i} \prod_{r \in R^p} \left(X_r^{l}(t)\right)^{\alpha_r} \prod_{j \in J^p} \left(X_j^{f}(t)\right)^{\alpha_j} \tag{5}$$

функции Кобба-Дугласа,

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^{p}(t)\right) = \min\left(\min_{i \in I^{\sigma}} \alpha_i y_i^{p,p}(t), \min_{r \in R^p} \alpha_r X_r^{l}(t), \min_{j \in J^p} \alpha_j X_j^{f}(t) \right) \tag{6}$$

запись соответствует модели Леонтьева В. В.

3. Финансовый баланс

Переменные относятся к началу шага t:

M_k – касса предприятия; S_k^{p} – товарные запасы; S_k^{φ} – основные фонды; A_k – активы предприятия; L_k – обязательства; E_k – собственный капитал;

$$\begin{array}{l} M_k(t+1) = M_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + H_k^{c}(t) - Q_k^{p,+}(t) - Q_k^{p,f} - \\ -Q_k^{l}(t) - \left(1 + \gamma_k(t-1)\right) \cdot H_k^{c}(t-1), M_k(1) = M_k^{0} \end{array} \tag{7}$$

$$\begin{array}{l} S_k^{p}(t+1) = S_k^{p}(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) - \\ -U_k^{p,-}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,\varphi}(t), S_k^{p}(1) = S_k^{p,0} \end{array} \tag{8}$$

$$S_k^{\varphi}(t+1) = S_k^{\varphi}(t) + U_k^{\varphi,z}(t) - U_k^{\varphi,-}(t), S_k^{\varphi}(1) = S_k^{\varphi,0} \quad (9)$$

$$A_k(t+1) = A_k(t) + M_k(t+1) - M_k(t) + S_k^p(t+1) - S_k^p(t) + S_k^{\varphi}(t+1) - S_k^{\varphi}(t), A_k(1) = A_k^0 \quad (10)$$

$$L_k(t+1) = L_k(t) + H_k^c(t) - H_k^c(t-1), L_k(1) = L_k^0 \quad (11)$$

$$E_k(t+1) = E_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) + U_k^{\varphi,z}(t) - Q_k^{p,+}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,-}(t) - U_k^{p,\varphi}(t) - Q_k^l(t) - \gamma_k(t-1) \cdot H_k^c(t-1) - U_k^{\varphi,-}(t), E_k(1) = E_k^0, \quad (12)$$

где

– $Q_k^{p,-}$ – поступления денежных средств в качестве оплаты за продукты, уходящие с предприятия;

– $Q_k^{p,+}$ – оплата приходящих на предприятие продуктов;

– Q_k^l – оплата труда сотрудников предприятия;

– $U_k^{p,+}$ – балансовая стоимость продуктов, приходящих на предприятие;

– $U_k^{p,z}$ – балансовая стоимость произведенных продуктов;

– $U_k^{p,-}$ – балансовая стоимость продуктов, уходящих с предприятия;

– $U_k^{p,p}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на производство;

– $U_k^{p,\varphi}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на создание производственных фондов;

– $U_k^{\varphi,-}$ – амортизация производственных фондов,

– $H_k^c(t)$ – заимствования предприятия по ставке $\gamma_k(t)$.

4. Операции с финансовыми инструментами

Обозначим через D список доступных для вложений инструментов. Рассмотрим ситуацию, при которой предприятие вкладывает одну единицу денежных средств на депозит вида $\rho \in D$ в конце шага τ. Данное вложение осуществляется на срок n_ρ^d. В конце шага t на интервале от $\tau+1$ до $\tau + n_\rho^d$ ему возвращаются денежные средства в

размере $h^d_{\tau,\rho}(t)$, а на оставшуюся сумму начисляются проценты по ставке $\zeta^d_{\tau,\rho}$.

Пусть $H^d_{\tau,\rho}$ – размер вложений предприятия в конце шага τ на депозит вида ρ, а $G^d_{\tau,\rho}(t)$ – их сумма вместе с начисленными процентами на начало шага *t*. Изменение этой переменной определяется следующими соотношениями и условиями:

$$S^d_{\tau,d}(t+1) = S^d_{\tau,\rho}(t) + g^d_{\tau,\rho}(t) - V^d_{\tau,\rho}(t),\ t = \tau+1,...,\tau+n^d_\rho;$$

$$S^d_{\tau,\rho}(t) = H^d_{\tau,\rho},\ t = \tau+1;\ S^d_{\tau,\rho}(t) = 0,\ t = \tau+n^d_\rho+1.$$

Здесь $g^d_{\tau,\rho}(t)$ – начисленные проценты в конце шага t, причем

$$g^d_{\tau,\rho}(t) = \zeta^d_{\tau,\rho} \cdot S^d_{\tau,\rho}(t),\ t = \tau+1,...,\tau+n^d_\rho.$$

Поступления с депозита обозначаются через $V^d_{\tau,\rho}(t)$ и записываются как

$$V^d_{\tau,\rho}(t) = h^d_{\tau,\rho}(t) \cdot H^d_{\tau,\rho},\ t = \tau+1,...,\tau+n^d_\rho.$$

С учетом введенных обозначений условие окончания вложения будет иметь вид:

$$\sum_{t'=\tau+1}^{\tau+n^d_\rho} \left(1+\zeta^d_{\tau,\rho}\right)^{\tau-t'} \cdot h^d_{\tau,\rho}(t') = 1.$$

Описание кредитов предприятия аналогично описанию депозитов. Список доступных для предприятия кредитов будем обозначать через C

Примем следующие обозначения, где все переменные буду относиться к кредиту вида $\rho \in C$:

- $H^c_{\tau,\rho}$ – размер заимствований предприятия в конце шага τ,
- n^c_ρ – срок кредита,
- $\zeta^c_{\tau,\rho}$ – ставка кредита (фиксируется на весь срок заимствований).

В конце шага t на интервале от $\tau+1$ до $\tau+n^c_\rho$ предприятие осуществляет возвраты денежных средств в размере $h^c_{\tau,\rho}(t) \cdot H^c_{\tau,\rho}$. Задолженность по кредиту на начало шага t обозначается как $S^c_{\tau,\rho}(t)$. Динамика этой переменной задается следующим конечно-разностным уравнением:

$$S^c_{\tau,\rho}(t+1) = S^c_{\tau,\rho}(t) + g^c_{\tau,\rho}(t) - V^c_{\tau,\rho}(t),\ t = \tau+1,...,\tau+n^c_\rho$$

с начальным условием $S^c_{\tau,\rho}(\tau+1) = H^c_{\tau,\rho}$.

Причем должно быть выполнено условие полного погашения кредита:

$$S^c_{\tau,\rho}\left(\tau + n^c_\rho + 1\right) = 0\,.$$

Здесь $g^c_{\tau,\rho}(t)$ – начисленные проценты по кредиту:

$$g^c_{\tau,\rho}(t) = \zeta^c_{\tau,\rho} \cdot S^c_{\tau,\rho}(t),\ t = \tau+1,...,\tau + n^c_\rho\,.$$

Платеж предприятия в конце шага t по кредиту вида ρ обозначается через $V^c_{\tau,\rho}(t)$ и записывается в виде:

$$V^c_{\tau,\rho}(t) = h^c_{\tau,\rho}(t) \cdot H^c_{\tau,\rho},\ t = \tau+1,...,\tau + n^c_\rho\,.$$

С учетом введенных обозначений условие полного погашения кредита примет вид:

$$\sum_{t'=\tau+1}^{\tau+n^c_\rho} \left(1+\zeta^c_{\tau,\rho}\right)^{\tau-t'} \cdot h^c_{\tau,\rho}(t') = 1\,.$$

5. Общее описание группы предприятий в векторной форме

В текущей постановке все производственные соотношения имеют линейный характер. Цены, по которым предприятие закупает во внешней среде входящие продукты и реализует произведенную продукцию относятся к неопределенным факторам и считаются заданными. Также будем считать, что стоимости продуктов, находящиеся в товарных запасах, и стоимости единиц производственных фондов предприятия относятся к неопределенным факторам. Это самые основные и, возможно, самые “грубые” допущения, которые мы сейчас принимаем, но они позволят нам предложить постановки простых задач уже для группы взаимодействующих предприятий.

Когда рассматривается одно предприятие k как управляемый объект, функционирующий во внешней среде, его состояние в начале шага t характеризуется вектором фазовых переменных $\vec{X}_k(t)$. Управление предприятия на шаге t обозначается через $\vec{u}_k(t)$. При заданных неопределенных факторах изменение вектора фазовых переменных описывается разностным уравнением

$$\vec{X}_k(t+1) = \left\|\mathrm{F}^X_k(t)\right\| \cdot \vec{X}_k(t) + \left\|\mathrm{F}^u_k(t)\right\| \cdot \vec{u}_k(t), t = 1,...,T \qquad (13)$$

с заданным начальным условием $\vec{X}_k(1) = \vec{\vec{X}}_k$.

При этом должны выполняться ограничения на управление

$$\left\|\mathrm{U}_k(t)\right\| \cdot \vec{u}_k(t) \le \vec{\mathrm{u}}_k(t), t = 1,...,T \qquad (14)$$

и ограничения смешанного типа

$$\left\|\mathsf{G}_k^X(t)\right\| \cdot \vec{X}_k(t) + \left\|\mathsf{G}_k^u(t)\right\| \cdot \vec{u}_k(t) \le \vec{0}, t = 1, \ldots, T+1 \qquad (15)$$

При этом в его вектор управления входят количества входящих продуктов, которые предприятие получает из внешней среды, и количества произведенных продуктов, которые оно продает на внешний рынок.

Пусть предприятия объединяются в группу. Теперь для каждого предприятия мы разделим эти поставки на две составляющие. Первая будет по-прежнему характеризовать поставки продуктов из вне или во вне, в зависимости от того какие продукты мы рассматриваем, а вторая составляющая будут характеризовать поставки между другими предприятиями группы.

Система записи поставок в принятых переменных составит группу связующих ограничений.

Для каждого предприятия номера k определим $J_k^{p,+}$ множество индексов k' предприятий, которые поставляет продукты на предприятие k и $J_k^{p,-}$ множество индексов k' предприятий, в которые предприятие k поставляет продукты.

В этом случае переменные, характеризующие количество продуктов, поступающих на предприятие, состоят из суммы $\mathbf{x}_k^{p,+}$, где $\mathbf{x}_k^{p,+}$ характеризует поставки из внешнего мира, и суммы $\sum_{k' \in J_k^{p,+}} \mathbf{x}_k^{p,+}$, что характеризует поставки от других предприятий $k' \in J_k^{p,+}$.

Точно так же переменные, характеризующие количество продуктов, уходящих с предприятия, состоит из суммы $\mathbf{x}_k^{p,-}$ где $\mathbf{x}_k^{p,-}$ характеризует поставки во внешний мир, и суммы $\sum_{k' \in J_k^{p,-}} \mathbf{x}_k^{p,-}$, что характеризует поставки на другие предприятия $k' \in J_k^{p,-}$.

Соответствующие изменения претерпят соотношения в финансовых уравнениях.

В целях упрощения мы не будем рассматривать переходы сотрудников с одного предприятия на другое. Считается, что каждое предприятие нанимает сотрудников из вне, а сотрудники покидающее на данном шаге предприятие (вследствие увольнения или каких-либо других причин уже неконтролируемых управляющим органом предприятия) изменяют предложение внешнего рынка труда.

В случае децентрализованной системы это приведет к появлению дополнительных ограничений, часть из которых можно будет отнести к ограничениям на управление для одного предприятия вида (14) другие же образуют связующие ограничения группы. В терминах управления предприятий их можно представить в виде:

$$\sum_k \left\| \mathsf{B}_k^u \right\| \cdot \vec{u}_k(t) \le \vec{\mathsf{u}}(t), t = 1,...,T \tag{16}$$

В случае централизованной системы величины поставок продуктов с одного предприятия на другое и поставки предприятия во вне мы будем относить к управлению центра. В то время как количество закупаемых предприятием продуктов во внешней среде оставим все же за выбором предприятия. Ограничения вида (16) по-прежнему останутся за счет предположения ограниченности ресурсов во внешней среде, но появятся ограничения, связывающие управление каждого предприятия и центра. Если обозначить управление центра через $\vec{v}(t)$, то их можно записать в виде:

$$\left\| \mathsf{C}_k^u \right\| \cdot \vec{u}_k(t) = \left\| \mathsf{C}_k^v \right\| \cdot \vec{v}(t), t = 1,...,T \tag{17}$$

Помимо неоговоренных здесь предположений, ограничивающих управление центра, некоторые из них, которые характеризуют технологическую сеть поставок или предположение фиксированности спроса со стороны внешней среды на продукты группы предприятий, приведут к ограничениям на управление центра следующего вида:

$$\left\| \mathsf{V} \right\| \cdot \vec{v}(t) \le \vec{\mathsf{v}}(t), t = 1,...,T \tag{18}$$

6. Постановка задач управления

Одной из простейших задач управления предприятием может быть следующая.

Выберем в качестве управления переменные $\mathbf{x}_k^{p,+}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,p}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t)$, $\mathbf{x}_k^{p,-}(t)$, $\mathbf{u}_k^p(t)$, $\mathbf{u}_k^\varphi(t)$, $H_k^c(t)$, $t = 1,...,T$ и рассмотрим задачу максимизации конечного капитала: $E_k(T+1) \to \max$, при условии неотрицательности управляющих и фазовых переменных $X_k^p(t)$, $M_k(t)$, $t = 2,...,T+1$, а также с учетом ограничений по ресурсам для выпуска продукции и создания производственных фондов, которые описываются соответствующими линейными неравенствами.

Эта модель с соответствующим информационным и программным обеспечением и есть Цифровой двойник предприятия в рамках рассмотрения Цифровой платформы отрасли.

В этой записи возможны различные постановки оптимизационных (централизация) и теоретико-игровых задач (децентрализация).

Задача управления Центром группы предприятий изложена в работе авторов [12].

Рассматривая задачу поиска Парето-решения для группы предприятия, мы принимаем условие, что предприятия образуют коалицию и принимают общее решение, что рациональной стратегией для них является принять одно их Паретовских решений.

В таких условиях Центр, если он располагает соответствующей организационной властью, может принять в качестве собственного выбора некоторый набор коэффициентов свёртки функции выигрышей отдельных предприятий.

7. Формальная запись принятия решений группы предприятий в коалиции

Если записать решение оптимизационной задачи для одного предприятия в виде

$W_k(\vec{x}_k) \to \max$, где индивидуальные ограничения одного предприятия имеют вид $\vec{x}_k \in C_k$, $k \in K$, то критерий оптимальности для группы можно принять в виде

$$W_K(\vec{x}) = \sum_{k \in K} \omega_k \cdot W_k(\vec{x}_k), \ \sum_{k \in K} \omega_k = 1$$

И общая оптимизационная задача коалиции запишется в виде

$W_K(\vec{x}) \to \max$, $\vec{x} \in B_K$ (связующие ограничения)

В этой формализации предполагается, что если продукт потребляется, то он предлагается внешним миром или другими производителями. Или если продукт производится, то он потребляется другими предприятиями или внешним миром.

Список литературы

1. Иванилов, Ю.П. Математические модели в экономике. / Ю.П. Иванилов, А.В. Лотов; – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 304 с.
2. Лотов, А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. / А.В. Лотов; – М.: Наука, 1984. – 392 с
3. Иванов, Ю.Н. Математическое описание элементов экономики. / Ю.Н. Иванов, В.В. Токарев, А.П. Уздемир; – М.: Наука, 1994. – 416 с
4. Иванов, Ю.Н. Теоретическая экономика. Теория оптимального предприятия. / Ю.Н. Иванов, Р.А. Сотникова; – М.: ЛЕНАНД, 2012. – 224 с.

5. Первозванский, А.А. Математические модели в управлении производством. / А.А. Первозванский – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975. – 616 с.

6. Багриновский, К.А. Модели и методы экономической кибернетики. / К.А. Багриновский, – М.: Экономика, 1973. – 206 с.

7. Багриновский, К.А. Имитационные системы в планировании экономических объектов. / К.А. Багриновский; – М. Наука, 1980. – 237 с.

8. Багриновский, К.А. Имитационное моделирование в задачах планирования и управления экономикой (сб. ст.) / К.А. Багриновский, В.С. Прокопова; – М.: ЦЭМИ, 1990. – 220 с.

9. Клейнер, Г.Б. Стратегия предприятия. / Г.Б. Клейнер – М.: Дело, 2008. – 568 с.

10. Клейнер, Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. / Г.Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 240 с.

11. Довгучиц, С.И. Математическое моделирование в решении задач информационно-аналитического обеспечения управления развитием оборонно-промышленного комплекса / С.И. Довгучиц, А.Ю. Мушков, Ф.И. Ерешко // Научн. вестн. оборонно-промышленного комплекса России. – 2021. – № 1. – С. 5–15.

12. Sytov, A. "Enterprise Digital Twin Research," / A. Sytov, A. Vakhranev and F. Ereshko; // 2021 14th International Conference Management of large-scale system development (MLSD), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/MLSD52249.2021.9600158.

Влияние роста рынка невзаимозаменяемых токенов – NFT на курс связанных с ними криптовалют

А. И. Таратунин, e-mail: 151721anton@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Аннотация. *Автором проведен анализ рынка NFT и связанных с NFT криптовалют, результаты которого могут указывать на прямую зависимость между рынком невзаимозаменяемых токенов и курсом рассмотренных криптовалют.*

Ключевые слова: *криптовалюта, невзаимозаменяемые токены, NFT, криптобиржа, Binance, Binance Coin, Ethereum, Tezos, блокчейн.*

Введение

На данный момент технология невзаимозаменяемого токена или NFT является актуальным направлением блокчейна. Она привлекает внимание как исследователей, так и инвесторов в связи с её уникальными свойствами, новизной и ростом капитализации рынка NFT. Данная технология позволяет сделать цифровой товар, связанный с ней, более ценным, так как она способна создать для него новые свойства. Главным таким свойством является подтверждение подлинности продукта [5].

Кроме того, при покупке и продаже цифрового товара, который является невзаимозаменяемым токеном в маркетплейсе или на криптобирже производится транзакция в криптовалюте. Чаще всего используется Ethereum или собственная криптовалюта маркетплейса, размещающего NFT продукт [3].

Далее автор предлагает рассмотреть подробнее ранее упомянутые термины.

1. NFT, криптовалюта и криптобиржи

Термин NFT или non-fungible tokens можно перевести как «невзаимозаменяемый токен». Основой данного инструмента является блокчейн. Блокчейн – это непрерывная цепочка блоков, которые содержат информацию о транзакциях в формате цифрового кода. При их хранении используется децентрализованная система баз данных, что делает внесение изменений в предыдущие звенья цепи затрудненным процессом. В блоках цепи содержится как собственная хеш-сумма, так и

© Таратунин А. И., 2022

хеш-сумма предшественника. При изменении параметров в звене цепи меняется его хеш-сумма, в свою очередь такие изменения фиксируются в следующем звене, меняя также и его хеш-сумму. Такой алгоритм хранения информации в совокупности с децентрализацией представляет собой надежный способ верификации хранящихся в блокчейн-цепи данных [2].

Токен является записью в регистре блокчейн-цепи. Токен, так же как и криптовалюта может быть взаимозаменяемым. Существует возможность его замены на токен, который принадлежит другому владельцу. При этом существуют невзаимозаменяемые информационные активы, такие как: звуковые записи, картины, 3D-модели и т. д. Именно для переноса таких объектов в блокчейн используется формат невзаимозаменяемых токенов.

Любой NFT является уникальным, а сведенья о создателе, покупателе и произведенных с NFT действиях содержатся в блокчейн-цепи. Эти свойства делают объекты, использующие рассматриваемую технологию, привлекательными для коллекционеров и любителей искусства, тем самым такие объекты увеличивают свою ценность. При этом владелец NFT-актива не имеет на него полных прав, а только может подтвердить владение подлинным объектом [4].

На данный момент времени рынок невзаимозаменяемых токенов стремительно расширяется. По данным криптобиржи CEX.IO. общая капитализация рынка по итогам 2020 года составила 8 млрд. долларов. Данный результат в 56 раз выше чем в 2019 году. Крупнейшая покупка NFT-объекта была произведена за 69,3 млн. долларов. Такой рост привлекает внимание инвесторов.

Приобрести цифровой актив, который использует технологию невзаимозаменяемого токена, возможно на криптобиржах. Криптобиржа – это интернет-площадка, на которой совершаются покупка и продажа криптовалюты и NFT. По информации CoinMarketCap крупнейшей криптовалютной биржей на данный момент является Binance, средний дневной объем торгов на которой составляет 3,8 млрд долларов. Binance также имеет собственную криптовалюту – Binance Coin. Данный токен используют при оплате комиссии и проведении биржевых предложений на данной площадке. Кроме того, Binance Coin используется для покупки NFT на криптовалютной бирже Binance [1].

Также криптовалюта Ethereum имеет связь с технологией невзаимозаменяемых токенов, так как первые NFT были выпущены именно на блокчейне Ethereum. Многие транзакции, связанные с NFT, производятся именно в этой криптовалюте.

Автор предполагает, что между курсом криптовалют, связанных с NFT, и капитализацией рынка невзаимозаменяемых токенов существует прямая зависимость. Далее рассматриваются факторы, способные указывать на такую связь [6].

2. Зависимость между курсом криптовалюты и капитализацией рынка NFT

На рис. 1 представлен график объема продаж NFT маркетплейсом OpenSea с января по август 2021 года. На представленном графике мы можем наблюдать, что в августе объем продаж вырос более чем в десять раз по сравнению с июлем того же года. Такой рост принес ранее упомянутой площадке 82 млн. долларов дохода, что является более 15% от чистого дохода Ethereum за тот же период.

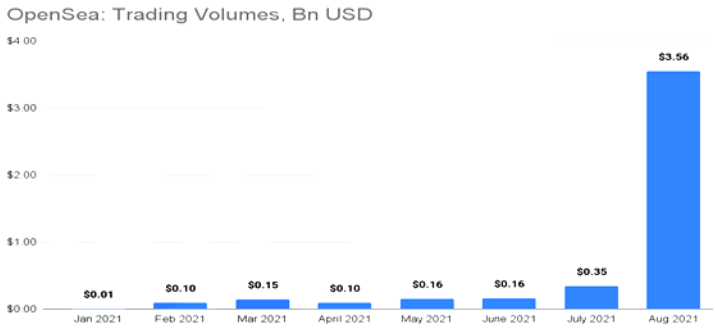


Рис. 1. График объема продаж NFT маркетплейсом OpenSea с января по август 2021 года [6]

Данный факт может указывать на существенное влияние рынка NFT на Ethereum [8]. На рис. 2 представлен график курса криптовалюты Ethereum к доллару США за тот же период. На август 2021 года приходится рост цены Ethereum, который сопоставим с ростом объема продаж NFT. Этот факт может быть одним из признаков существования прямой зависимости между курсом криптовалют и стоимостью NFT-объектов.

Кроме того, одна из крупнейших компаний, разрабатывающих и издающих компьютерные игры, запустила собственный маркетплейс Ubisoft Quartz. Новая платформа основана на блокчейне Tezos, курс которого после появления ранее упомянутой информации взлетел на 40%. На рис. 3 представлен график курса Tezos к доллару США в момент данного взлета.



Рис. 2. Курс криптовалюты Ethereum
с июня по сентябрь 2021 года [4]

Тот факт, что новость о связи определенной криптовалюты с NFT может привести к росту курса такой криптовалюты может быть еще одним признаком существования предполагаемой ранее прямой зависимости [7].

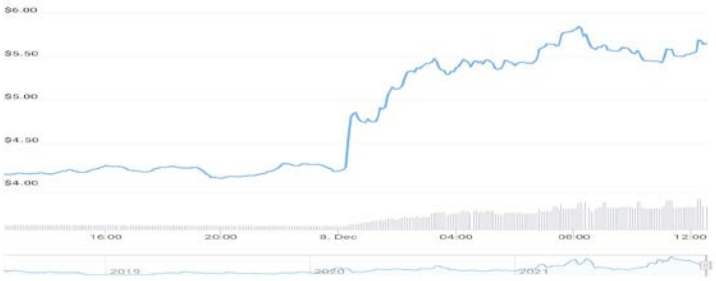


Рис. 3. График курса Tezos к доллару США [2]

Заключение

Можно сделать вывод о том, что приведенные выше явления могут указывать на существование прямой зависимости между рынком невзаимозаменяемых токенов и курсом рассмотренных криптовалют. Кроме того, можно предположить, что падение курса криптовалют способно отрицательно повлиять на объем продаж NFT.

Список литературы

1. Барабанова, М. И. Открытые системы и сети. Комплексная безопасность в системах и сетях современного предприятия / Барабанова М. И., Саитов А.В., Кияев В.И. // Учебник / Санкт-Петербург, 2019.

2. Минаков, В. Ф. Знания в инновационной модели цифровой экономики / В. Ф. Минаков // В сборнике: Технологическая перспектива

в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста Труды 5-ой Международной научной конференции. – 2019. – С. 237-240.

3. Кияев, В. И. Комплексная информационная безопасность в управлении современным предприятием / Кияев В.И., Саитов А.В. // учебное пособие / Санкт-Петербург, 2016.

4. Талаев, Д. В. Интеллектуализация информационных ресурсов России / Д. В. Талаев // В сборнике: Проблемы и тенденции развития информационных и производственных систем. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 502-506.

5. Талаев, Д. В. Классификация интеллектуальных технологий в цифровой экономике / Д. В. Талаев, О. Ю. Шепелева, П. Ю. Шепелёв, Е. М. Жарков, К. К. Калубкин // В сборнике: Производственные и информационные аспекты стратегического развития социально-экономических процессов Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Даугавпилсский университет, Белорусский государственный университет, Донецкий национальный университет, Белорусский государственный институт проблем культуры, Международный инновационный центр-университет, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Донской государственный технический университет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставропольский государственный аграрный университет. – 2020. – С. 394-396.

6. Таратунин, А. И. Смарт-метод оценки эффективности торговых агрегаторов / А. И. Таратунин // Международный научный журнал «Научные горизонты». – 2019. №12(28). – С. 246-250.

7. Минаков, В. Ф., Синхронизация жизненного цикла программного обеспечения и проектного управления / Минаков В. Ф., Шепелёва О. Ю., Воронков А. М. // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. 2019. С. 1367-1371.

8. Минаков, В. Ф. Инновации информационных технологий в банках / Минаков В. Ф. // В сборнике: Инновационные технологии и вопросы обеспечения безопасности реальной экономики Сборник научных трудов по итогам Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией Г.В. Лепеша. 2019. С. 180-187.

Моделирование процессов сбыта готовой продукции

А. А. Терехова, email: terehova.aa@mail.tstu.ru
М. А. Д. Аль Амиди, email: ipu_tstu@mail.ru
А. Ш. Н. Сенан, email: ipu_tstu@mail.ru
Б. С. Дмитриевский, email: dmiboris@yandex.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *На основе методологии моделирования IDEF0 разработана функциональная модель информационной системы управления сбытом готовой продукции предприятия, осуществляющего оптовую и розничную торговлю кондитерскими изделиями.*

Ключевые слова: *информационная система управления, функциональная модель, входная информация, готовая продукция, план отгрузки.*

Введение

Рассмотрим предприятие, которое осуществляет производство и сбыт, в том числе через собственную торговую сеть, кондитерских изделий, полуфабрикатов. Отдел оптовых продаж обеспечивает реализацию готовой продукции в полном объеме и заданном ассортименте надлежащего качества.

У отдела следующие задачи и функции:

– обеспечивать выполнение плана реализации готовой продукции в соответствие с планами поставок и заключенными договорами;

– соблюдать нормативный запас готовой продукции на складе;

– группировать заказы по видам продукции, суммировать данные и включать в план производства по наименованию и количеству;

– составлять планы поставок и отгрузки готовой продукции;

– составлять сводный отчет о выполнении планов поставок;

– ежедневно иметь информацию о номенклатуре и количестве готовой продукции поступившей на склад в течение суток.

1. Формулировка задачи

Основное назначение разрабатываемой информационно-управляющей системы состоит в повышении эффективности функционирования деятельности отдела оптовых продаж за счет повышения оперативности управления на базе обеспечения оперативной и достоверной информацией.

Информационная система должна обеспечивать [1-5]:

© Терехова А. А., Аль Амиди М. А. Д., Сенан А. Ш. Н., Дмитриевский Б. С., 2022

1. Накапливание в базе данных информации: о клиентах, о принятых обязательствах перед клиентами по производству заказанной продукции, о выполнении обязательств перед клиентами.

Это информация, непосредственно относящаяся к взаимодействию предприятия с клиентом (наименование клиента, регион, в котором находится клиент, форма документа и номер документа, которым оформлена сделка, цена и количество заказанного товара, количество и наименование отгруженной продукции конкретному клиенту и пр.). Вся эта информация заносится в базу данных, обновляемую при каждой новой сделке предприятия и данного клиента, а также при отгрузке продукции клиенту.

2. Хранение и сортировку, полученной информацию в соответствии с заданными критериями.

3. Предоставление информации по требованию пользователя в удобном виде (в виде различных отчетов), а также в виде выходных документов. Сведения, хранящиеся в системе, могут быть затребованы для нужд различных работников отдела и в разном виде. Так, например, отчет о выполнении обязательств по клиентам нужен начальнику отдела потовых продаж для обеспечения контроля выполнения подразделениями предприятия договорных обязательств перед клиентами.

Разработанная информационная система управления сбытом готовой продукции кондитерского предприятия обеспечивает решение следующих задач:

– ведение учета обязательств по заказам клиентов;

– формирование предварительного плана производства на основании договорных обязательств;

– формирование предварительного плана отгрузки на основании договорных обязательств;

– анализ информации о клиентах и о товарах, с целью получения отчетов.

Исходным документом для ведения учета обязательств по заказам клиентов является договор, в котором находится вся необходимая информация для принятия обязательства на выполнение заказа клиента, а также информация об отгрузке готовой продукции конкретному клиенту, т.е. выполнение обязательств перед этим клиентом.

При заключении нового договора с клиентом, в систему поступает входная информация, характеризующая новое обязательство предприятия перед клиентом на поставку ему товарной продукции. На основании поступившей информации осуществляется регистрация обязательства по заказу, т.е. увеличивается объем планируемого выпуска продукции.

При осуществлении отгрузки готовой продукции клиенту в систему поступает информация по факту отгрузки, которая в свою очередь регистрируется. По имеющимся данным о планах выполнения обязательств перед клиентами и о фактически выполненных обязательствах осуществляется расчет объема производства оставшейся продукции по обязательствам перед клиентами.

На основании информации об объеме производства, оставшейся продукции по обязательствам, формируется план производства, план отгрузки, анализ информации о клиентах и о товарах, а также формируются отчеты о выполнении обязательств перед клиентами за определенный период времени и направляются начальнику отдела оптовых продаж.

Формирование предварительного плана производства осуществляется с помощью информации по товарам, характеризующую необходимый объем производства для каждой товарной позиции на основании договорных обязательств, а также с помощью информации об остатках готовой продукции на складе на начало планируемого периода.

Решается данная задача ежемесячно для составления месячного плана, а также ежегодно для составления годового плана. Предварительный месячный план производства составляется в середине предшествующего месяца. Годовой план производства является только ориентировочным и составляется в декабре предшествующего года. Месячный и годовой план отправляются в отдел экономического планирования и анализа. Окончательный план производства появляется только после согласования предварительного плана с производственным отделом и отделом экономического планирования и анализа.

Исходной информацией для задачи является информация по клиентам и по товарам, характеризующая необходимый объем отгрузки готовой продукции по договорному обязательству перед каждым клиентом для каждой товарной позиции, заказанной клиентом. Решается задача ежемесячно, – для составления предварительного месячного плана отгрузки, и ежегодно, – для составления годового плана отгрузки. Предварительный план отгрузки служит для составления окончательного. При принятии предварительного месячного плана производства без внесения в него изменений, то предварительный месячный план на тот же месяц можно считать действительным.

Месячный план отгрузки составляется в середине предшествующего месяца. Годовой план отгрузки является только ориентировочным и составляется в декабре предшествующего года. Оба после составления отправляются в отдел экономического планирования и анализа.

Исходной информацией для задачи является информация по клиентам и по товарам, характеризующая клиентов по заказанным ими товарным позициям, региону их расположения. Для определённых отчётов требуется указать конкретизирующие данные: анализируемый период времени, группа товаров, клиент, регион, товар. Целью решения задачи является создание обобщающих аналитических отчётов, которые служат основой для принятия решений о планировании рекламы. Периодичность составления отчетов зависит от периодичности планирования рекламы.

2. Разработка и описание функциональной модели

Модель IDEF0 всегда начинается с представления системы как единого целого. В основе методологии лежат четыре основных понятия:

– понятие функционального блока, который графически изображается в виде прямоугольника и олицетворяет собой некоторую конкретную функцию в рамках рассматриваемой системы;

– понятие интерфейсной дуги, которая отображает элемент системы, обрабатываемый функциональным блоком или оказывает иное влияние на функцию, отображенную данным функциональным блоком;

– понятие декомпозиции, которая применяется при разбиении сложного процесса на составляющие его функции, при этом уровень детализации процесса определяется непосредственно разработчиком модели.

Декомпозиция позволяет постепенно и структурно представлять модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легко усваиваемой. В процессе декомпозиции, функциональный блок, который в контекстной диаграмме отображает систему как единое целое, подвергается детализации на другой диаграмме. Получившаяся диаграмма второго уровня содержит функциональные блоки, отображающие главные подфункции функционального блока контекстной диаграммы и является дочерней по отношению к нему.

На рис. 1 представлены функциональные блоки информационной системы управления сбытом готовой продукции.

На вход задачи ведения учета обязательств по заказам клиентов поступает документ-основание заказа (договор), в котором находится вся необходимая информация для принятия обязательства на выполнение заказа клиента, а также информация об отгрузке готовой продукции конкретному клиенту, т.е. выполнение обязательств перед этим клиентом.

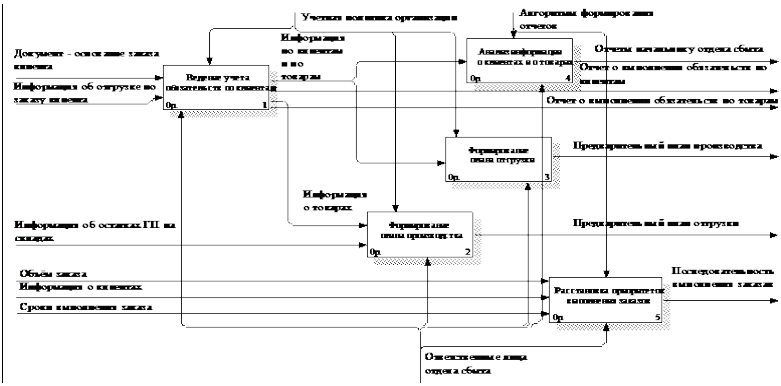


Рис. 1. Функциональные блоки информационной системы управления сбытом готовой продукции

Целью задачи является формирование отчетов о выполнении обязательств перед клиентами, а также ведение информации о принятых обязательствах перед клиентами, которая является основой для решения остальных задач информационной системы автоматизированного планирования и сбыта готовой продукции.

На вход задачи формирования плана производства (рис. 2) поступает информация по товарам, характеризующая необходимый объем производства для каждой товарной позиции, чтобы обеспечить выполнение обязательств перед клиентами, а также информация об остатках готовой продукции на складе на начало планируемого периода. Целью задачи является составление предварительного плана производства на основе принятых обязательств.

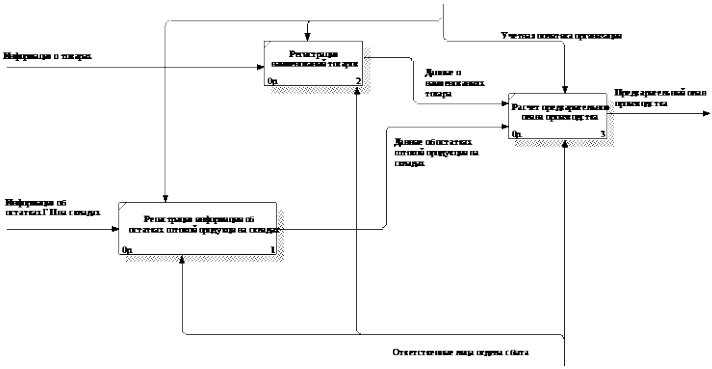


Рис. 2. Формирования плана производства

На выходе данной задачи получаем предварительный план производства.

На вход задачи формирования плана отгрузки (рис. 3) поступает информация по клиентам и по товарам, характеризующая необходимый объем отгрузки готовой продукции по договорному обязательству перед каждым клиентом для каждой товарной позиции, заказанной клиентом. Целью задачи является составление плана отгрузки на основе принятых обязательств.

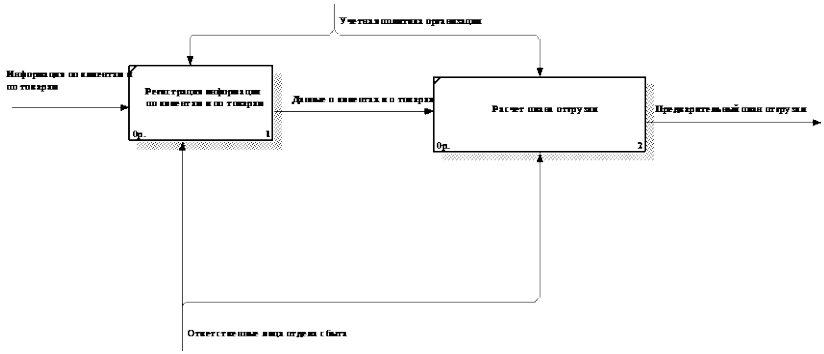


Рис. 3. Формирование плана отгрузки

На вход задачи анализа информации о клиентах и о товарах поступают данные по клиентам и по товарам, характеризующая клиентов по заказанным ими товарным позициям, региону их расположения. Целью решения задачи является создание обобщающих аналитических отчётов, которые служат основой для принятия решений о планировании рекламы.

На вход задачи расстановки приоритетов выполнения заказов поступает информация об объёме заказа клиента, информация о клиенте, а также информация о сроках выполнения заказа. Полученная информация анализируется, после чего формируется наиболее выгодные условия выполнения заказа. Целью задачи является формирования последовательности выполнения заказов.

Заключение

Разработанная функциональная модель использовалась для расчета параметров комплекса технических средств: объемы входной информации; алгоритмы обработки данных по каждой задаче; алгоритмы режимов функционирования подсистем; объемно-временные характеристики хранимой информации.

Адекватная модель, отображающая взаимосвязь указанных величин, послужила для определения значений рабочих параметров, на основании которых рассчитаны тип оборудования и его количество, а также

информационно-логическая связь комплекса технических средств, учитывающая пространственные размещения источников информации и сложившиеся связи между ее потребителями.

Проведенное моделирование процессов сбыта готовой продукции предприятия позволяет повысить эффективность функционирования производства.

Список литературы

1. Дмитриевский, Б.С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б.С. Дмитриевский – М.: Машиностроение-1, 2006. – 156 с.

2. Серов, А.Ю. Действующая компьютерная модель производственного предприятия / А. Ю. Серов, А. В. Сморгонский // Экономика и математические методы. – 2009. – Том 45. №3. – С. 40-47.

3. Балдин, К. В. Информационные системы в экономике: учебник для студ., обучающихся по спец. 351400 «Прикладная информатика (по областям)» и др. междисциплинарным спец. / К. В. Балдин, В. Б. Уткин. – 6-е изд. – М. : Дашков и К°, 2010. – 394 с.

4. Информационные системы в экономике: учебное пособие для вузов / А. Н. Романов, Б. Е. Одинцов, Д. М. Дайитбегов и др. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Вузовский учебник, 2010. – 410 с.

5. Уткин, В. Б. Информационные системы в экономике: учебник для вузов / В. Б. Уткин, К. В. Балдин. – 6-е изд., испр. – М. : Академия, 2012. – 283 с.

Изучение поведения покупателей с помощью матриц парных сравнений

М.А. Шмелев, email: shmelev1996@mail.ru
М.Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются типы покупателей, которые стоит учитывать продавцу при формировании своего предложения на рынке. Главная цель – сымитировать поведение покупателей на конкретных локальных рынках. Классификация потребителей проведена на основе важных для них характеристиках цены и качества. Изучение корреляции между параметрами цены и качества стало возможным благодаря шкале Саати.*

Ключевые слова: *Типы покупателей, условные вероятности, шкала Саати, согласованность матрицы, матрицы парных сравнений, собственный вектор.*

Введение

В современных экономических условиях, когда вкусы людей меняются, а их потребности растут, покупательские требования на многих рынках становятся все более и более дифференцированными [1, 2]. Для компаний становится важным учитывать потребности покупателей в целях получения долгосрочной прибыли.

Проблему нахождения экономического равновесия на рынке, которое бы позволило в должной степени учесть потребности покупателей, пытаются решить многие современные авторы. Одним из наиболее современных подходов к решению проблемы является мультиагентное моделирование [3, 4]. При этом в большинстве случаев вызывает трудности описание индивидуального поведения агентов (к примеру, покупателей) на локальных рынках. Поэтому в рамках данной статьи будем полагаться на событийно-дискретное моделирование.

Зачастую при прогнозировании поведения покупателей учитывают их возраст, пол, социальный статус, профессию. Однако продавцы при формировании своего предложения на практике сталкиваются с предпочтениями потребителей по поводу цены и качества товара.

Таким образом, в рамках данной статьи рассматриваются типы покупателей товаров на локальных рынках для пары характеристик «цена» – «качество». Для формализации высказываний о возможных

© Шмелев М. А., Матвеев М. Г., 2022

типах покупателей воспользуемся методом парных сравнений и шкалой Саати.

1. Основные типы покупателей

Предпочтительная зависимость и предпочтительная независимость критериев, противоположные по отношению друг к другу, хорошо известны в теории полезности [5]. В статье выдвинуто предположение по поводу формирования покупательского спроса, что цена и качество являются зависимыми параметрами. Поэтому уместно использовать условные вероятности.

Для построения матриц парных сравнений, характеризующих типы покупателей, воспользуемся шкалой Саати [6]. Элементы для матрицы парных сравнений размером $n \times n$ удовлетворяют следующим условиям:

$$w_{ij} = \frac{1}{w_{ji}}; w_{ii} = 1, \quad (1)$$

для всех $i, j = 1, 2, ..., n.$

Для получения согласованной матрицы парных сравнений необходимо, чтобы всегда выполнялось следующее равенство:

$$w_{ik} = w_{ij} \cdot w_{jk}, \quad (2)$$

для всех $i, j, k = 1, 2, ..., n.$

Рассмотрим основные типы покупателей, которые стоит учитывать продавцам при формировании своего предложения на рынке:

2. «Жадные» покупатели

Клиент стремится купить товар по низкой цене, но высокого качества.

Логика расстановки значений элементов в матрице парных сравнений такова. Пусть a_1 – минимальная цена, b_1 – минимальное качество. Элемент $w_{11} = \frac{b_1}{a_1} = 1$. Если цена минимальная, а качество немного улучшилось: $w_{12} = \frac{b_2}{a_1} = 2$. Найдем следующий элемент: $w_{13} = \frac{b_3}{a_1} = 3$. И так далее по первой строке. Теперь начнем вторую строку матрицы. Цена повысилась, а качество минимальное: $w_{21} = \frac{b_1}{a_2} = \frac{1}{2}$, и т.д.

Как можно заметить, подсчет элементов матрицы можно произвести по формуле:

$$w_{ij} = \frac{j}{i}, \tag{3}$$

для упорядоченных значений $(a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_n)$ и $(b_1, b_2, ..., b_j, ..., b_n)$, n – размерность матрицы.

Нетрудно заметить, что данная формула полностью удовлетворяет равенству (2): $\frac{k}{i} = \frac{j}{i} \cdot \frac{k}{j}$. Строим матрицу размерностью $n = 6$. В итоге получаем матрицу парных сравнений цены и качества следующего вида:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} & 2 & \frac{5}{2} & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 1 & \frac{4}{3} & \frac{5}{3} & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{5}{4} & \frac{6}{4} \\ \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & \frac{3}{5} & \frac{4}{5} & 1 & \frac{6}{5} \\ \frac{1}{6} & \frac{2}{6} & \frac{3}{6} & \frac{4}{6} & \frac{5}{6} & 1 \end{pmatrix} \tag{4}$$

Чтобы выразить локальный рынок с более сильной «жадностью» покупателей, можно построить другую матрицу $A1$. Элементы этой матрицы подсчитываются по формуле (5):

$$w_{ij} = 2^{j-i}, \tag{5}$$

для упорядоченных значений $(a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_n)$ и $(b_1, b_2, ..., b_j, ..., b_n)$, n – размерность матрицы.

К примеру, элемент $w_{16} = 2^{6-1} = 32$. При минимальном значении качества и максимальном значении цены получим $w_{61} = 2^{1-6} = \frac{1}{32}$. Тогда для рассматриваемого случая мы получим матрицу парных сравнений А1

$$A1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 8 & 16 & 32 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 8 & 16 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 8 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 \\ \frac{1}{16} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{32} & \frac{1}{16} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Далее покажем, что формула (5) также удовлетворяет равенству (2): $2^{k-i} = 2^{j-i} \cdot 2^{k-j}$.

3. «Элитные» покупатели («премиум-покупатели»)

Таких покупателей в основном интересует только товар по высокой цене и высокого качества.

В данном случае для учета особенностей локального рынка с данным типом покупателей построим матрицу B следующим образом. Элемент с максимальным значением $w_{66} = 6$ будет обозначать товар с наибольшей ценой и наибольшим качеством. В итоге построим матрицу, симметричную относительно побочной диагонали:

$$B = \begin{pmatrix} \frac{1}{6} & \frac{2}{6} & \frac{3}{6} & \frac{4}{6} & \frac{5}{6} & 1 \\ \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & \frac{3}{5} & \frac{4}{5} & 1 & \frac{6}{5} \\ \frac{1}{4} & \frac{2}{4} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{5}{4} & \frac{6}{4} \\ \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 1 & \frac{4}{3} & \frac{5}{3} & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} & \frac{4}{2} & \frac{5}{2} & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Для построения матрицы B можно воспользоваться следующей формулой:

$$w_{ij} = \frac{j}{n+1-i}, \tag{8}$$

для упорядоченных значений $(a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_n)$ и $(b_1, b_2, ..., b_j, ..., b_n)$, n – размерность матрицы.

Заметим, что при зеркальном преобразовании матрицы B можно получить классический вид матрицы парных сравнений.

4. «Умеренные» покупатели

Клиенты такого типа желают купить, прежде всего, товар среднего качества по средней цене.

Снова строим матрицу размером 6 на 6. С учетом типа покупателей наибольшие значения будут наблюдаться в середине матрицы: $w_{33} = w_{34} = w_{43} = w_{44} = 4$. Матрица C выглядит следующим образом:

$$C = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 1 & \frac{1}{2} \\ 1 & 2 & 4 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 4 & 2 & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 1 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \end{pmatrix} \tag{9}$$

Если третью строку матрицы поменять местами с первой, а шестую строку – с четвертой, можно превратить матрицу C в матрицу парных сравнений классического вида.

2. Изучение рынка «жадных» покупателей

Далее приступим к изучению корреляции между ценой и качеством. Рынок «жадных» покупателей будет первым, для которого найдем безусловные вероятности, условные вероятности зависимости качества от цены и вероятности для параметра «цена».

Изучение пары характеристик «цена» – «качество» возможно благодаря имитационному моделированию рынка [7], где присутствуют покупатели и продавцы. Моделирование поведения покупательского спроса с помощью процедуры парных сравнений также проводилось в работе [8].

Алгоритм действий для нашей задачи следующий. Просуммируем все элементы обратно-симметричной матрицы: $S = \sum_{ij} w_{ij}$. Вычислим безусловные вероятности $p_{ij} = \frac{w_{ij}}{S}$, а затем условные вероятности: $p_i\left(a_i / b_j\right) = \frac{p_{ij}}{\sum_j p_{ij}}$.

Подсчет значений вероятности для параметра «цена» осуществлялся с помощью:

$$p(b_j) = \frac{p_{ij}}{p_i(a_i / b_j)} \qquad (10)$$

Результат выполнения операций для матрицы A показан в табл. 1-3.

Таблица 1

Двумерное распределение для матрицы A

p_{ij}	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$
$i=1$	0,01944	0,03887	0,05831	0,07775	0,09718	0,11662
$i=2$	0,00972	0,01944	0,02915	0,03887	0,04859	0,05831
$i=3$	0,00648	0,01296	0,01944	0,02592	0,03239	0,03887
$i=4$	0,00486	0,00972	0,01458	0,01944	0,02430	0,02915
$i=5$	0,00389	0,00777	0,01166	0,01555	0,01944	0,02332
$i=6$	0,00324	0,00648	0,00972	0,01296	0,01620	0,01944

Матрица A, характеризующая рынок «жадных» покупателей, обладает идеальной согласованностью. Это подкрепляется тем, что каждая строка является положительным кратным любой другой заданной строки. Тогда максимальное собственное значение для матрицы A: $\lambda_{\max} = n$, где n – размерность матрицы [6].

Таким образом, рассматривается решение задачи о поиске собственных значений и векторов: $A \cdot \vec{x} = \lambda \cdot \vec{x}$. Представляется интересным тот факт, что ранее рассмотренный алгоритм действий позволяет для согласованной, обратно-симметричной матрицы получить менее трудоемким способом приближенные значения компоненты собственного вектора, соответствующего максимальному собственному числу. В таком случае, данные значения являются условными вероятностями распределения одного параметра относительно другого.

Таблица 2

Условные вероятности для матрицы A

$p_i\left(a_i / b_j\right)$	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$
$i=1$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571
$i=2$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571
$i=3$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571
$i=4$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571
$i=5$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571
$i=6$	0,04762	0,09524	0,14286	0,19048	0,23810	0,28571

Таблица 3

Вероятности для параметра «цена»

$p(b_j)$	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$
$i=1$	0,40816	0,40816	0,40816	0,40816	0,40816	0,40816
$i=2$	0,20408	0,20408	0,20408	0,20408	0,20408	0,20408
$i=3$	0,13605	0,13605	0,13605	0,13605	0,13605	0,13605
$i=4$	0,10204	0,10204	0,10204	0,10204	0,10204	0,10204
$i=5$	0,08163	0,08163	0,08163	0,08163	0,08163	0,08163
$i=6$	0,06803	0,06803	0,06803	0,06803	0,06803	0,06803

Анализ предыдущего результата позволяет построить табл. 4, которая необходима для генерирования значений цены и качества с помощью имитационной модели.

Имитация (получение 1001 значения цены и качества) проводилась на основе последовательного метода обратных функций. Он основан на свойстве, что каждому значению из заданной таблицы можно сопоставить интервал, равный по длине его вероятности. Если перевести на язык формул:

$$s_0 = 0, s_n = 1; s_i = s_{i-1} + p_i, \qquad (11)$$

где s_i – накопленные вероятности, с которыми сравнивается конкретное x в цикле, пока первый раз не реализуется неравенство $x \le s_i$. Полученное значение i позволит с помощью модифицированной таблицы найти искомый результат. Эта идея лежит в основе последовательного метода обратных функций [9].

Таблица 4

Значения цены и качества и их вероятности для матрицы A

Вероятность конкретного значения цены	**Значение цены**	**Вероятность конкретного значения качества**	**Значение качества**
0,40816	0	0,04762	0
0,20408	0,2	0,09524	0,2
0,13605	0,4	0,14286	0,4
0,10204	0,6	0,19048	0,6
0,08163	0,8	0,23810	0,8
0,06803	1	0,28571	1

Применение критерия корреляции Пирсона [10] напрямую к сгенерированным значениям цены и качества (1001 значение) на основе табл. 4 приводит к статистически незначимому результату: $r \approx 0,03$.

Однако интересной для изучения представляется корреляция между значениями цены $\tilde{B}$ и суммарными значениями цены и качества $\tilde{A}+\tilde{B}$. Для полученных с помощью имитации значений цены и качества среднее значение цены равно 0,282318, а среднее значение качества равно 0,664136, что в сумме близко к единице.

В итоге коэффициент корреляции Пирсона для значений цены $\tilde{B}$ и суммарных значений цены и качества $\tilde{A}+\tilde{B}$ получился: $r2 \approx 0,7442$, что говорит о высокой связи между изучаемыми параметрами.

3. Рассмотрение других типов покупателей

Безусловные вероятности, условные вероятности зависимости качества от цены и вероятности для параметра «цена» были найдены аналогичным образом для матриц $A1, B, C$.

Вероятности значений цены и качества для матрицы $A1$, характеризующей рынок особо «жадных» покупателей, показаны в табл. 5.

Применение напрямую коэффициента корреляции Пирсона так же, как и для матрицы A, привело к статистически незначимому результату. Получено значение $r \approx 0,03$.

Однако сумма средних значений цены и качества, полученная с помощью табл. 5, получается равной единице. Также был подсчитан коэффициент корреляции Пирсона для значений цены $\tilde{B}$ и суммарных значений цены и качества $\tilde{A}+\tilde{B}$: $r2 \approx 0,7171$.

Таблица 5

*Значения цены и качества и их вероятности для матрицы A*1

Вероятность конкретного значения цены	**Значение цены**	**Вероятность конкретного значения качества**	**Значение качества**
0,50794	0	0,01587	0
0,25397	0,2	0,03175	0,2
0,12698	0,4	0,06349	0,4
0,06349	0,6	0,12698	0,6
0,03175	0,8	0,25397	0,8
0,01587	1	0,50794	1

Результаты подсчета значений вероятности цены и качества для матриц *B* и *C* показаны соответственно в табл.6-7.

Таблица 6

Значения цены и качества и их вероятности для матрицы B

Вероятность конкретного значения цены	**Значение цены**	**Вероятность конкретного значения качества**	**Значение качества**
0,06803	0	0,04762	0
0,08163	0,2	0,09524	0,2
0,10204	0,4	0,14286	0,4
0,13605	0,6	0,19048	0,6
0,20408	0,8	0,23810	0,8
0,40816	1	0,28571	1

Таблица 7

Значения цены и качества и их вероятности для матрицы C

Вероятность конкретного значения цены	**Значение цены**	**Вероятность конкретного значения качества**	**Значение качества**
0,07143	0	0,07143	0
0,14286	0,2	0,14286	0,2
0,28571	0,4	0,28571	0,4
0,28571	0,6	0,28571	0,6
0,14286	0,8	0,14286	0,8
0,07143	1	0,07143	1

Интересно, что условные вероятности для качества в матрице B получились такими же, как и в матрице A. А вероятности для значений цены и качества в матрице C получились равными. Сумма средних значений цены и качества, полученная с помощью табл. 7, получается: 0,5+0,5=1.

Подсчет коэффициентов корреляции Пирсона для значений, полученных с помощью имитации в рамках матрицы B, дал следующий результат: $r \approx 0,01; r2 \approx 0,7478$. Аналогичные коэффициенты, полученные с помощью имитации для матрицы C: $r \approx 0,02; r2 \approx 0,7204$.

Таким образом, в рассмотренных матрицах парных сравнений наблюдается сильная взаимосвязь между значениями цены и суммарными значениями цены и качества, обусловленная способом подсчета вероятностей конкретных значений рассматриваемых характеристик «цена» – «качество».

Заключение

В итоге были рассмотрены типы покупателей, которые стоит учитывать продавцу при формировании своего товарного предложения. Современная рыночная экономика базируется на индивидуальном подходе к каждому потребителю, что подразумевается в рамках данной работы.

Выполнена главная цель статьи – сымитировать поведение различных типов покупателей, которые могут встретиться в реальной жизни.

Изучение корреляции между параметрами цены и качества стало возможным благодаря шкале Саати. Сформулировано утверждение, полезное в рамках более быстрого решения задачи о нахождении собственных векторов для согласованной, обратно-симметричной матрицы с приемлемой точностью.

Список литературы

1. Гантер, Б. Типы потребителей: введение в психографику / Б. Гантер, Г. Фернхам. – СПб.: Питер, 2001. – 304 с.

2. Блэкуэлл, Р. Поведение потребителей / Р. Блэкуэлл, П. Миниард, Дж. Энджел. – 10-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 944 с.

3. Неверов, А. Н. Агент-ориентированная модель совершенной экономики / А. Н. Неверов, Ф. С. Голубев, М. А. Каткова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2020. – Т. 20, выпуск 3. – С. 266-270. DOI: https://doi.org/10.18500/1994-2540-2020-20-3-266-270

4. Кошуняева, Н. В. Применение агентного моделирования к построению модели системы выхода нового товара на рынок / Н. В. Кошуняева, С. А. Токаревская // Инновационные аспекты развития науки и техники. – 2021. – №3.

5. Сакулин, С. А. К вопросу о практическом применении нечетких мер и интеграла Шоке / С. А. Сакулин, А. Н. Алфимцев // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – №. 1.

6. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

7. Матвеев, М. Г. Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией маркетплейс / М. Г. Матвеев // Экономика и математические методы. – 2021. – №1. – С. 114-121.

8. Matveev, M. Simulation modelling for assessing the adequacy of decision support models with choosing a product offer / M. Matveev, M. Shmelev, A. Budyakov // ICID 2021. Communications in Computer and Information Science. – Springer, Cham, 2022.

9. Некруткин, В. В. Моделирование распределений / В. В. Некруткин // Кафедра статистического моделирования, матмех СПбГУ. Материал к специальному курсу. – 2014. – 100 с.

10. Медицинская статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medstatistic.ru/methods/methods8.html

Секция 6
Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Разработка алгоритма анализа технической документации

А. А. Андрюкеева, E-mail: andryukeeva@ya.ru

Московский авиационный институт

Аннотация. *Работа посвящена исследованию алгоритмов обработки технической документации. В ходе работы был разработан алгоритм, позволяющий выявить неправильное использование терминологиив документах.*

Ключевые слова: *техническая документация, анализ текста, валидация документации, информационная система, терминология.*

Введение

Сложность современного производства требует наличия множества нормативно-технических документов как внешнего, так и внутреннего происхождения.

Среди множества существующих проблем подготовки технической документации (ТД) [1] наиболее распространенными являются проверка соответствия структуры документации принятым стандартам, требованиям описываемого процесса или предмета, составление многочисленных однотипных документов, выявление сути документа, оперирование большим количеством сокращений и др. Также часто проблемой в содержательной части документов является нарушениетерминологии в тексте.

Многие из этих проблем могут решаться автоматически, тем самым существенно сократив трудозатраты на разработку документов и обеспечив возможность больше времени уделить содержательной составляющей документов.

Ранее для решения некоторыхэтих проблем, была создана информационная система «ТехДок» [2], позволяющая анализировать документ на наличие типичных ошибок и осуществлять валидацию по заданным шаблонам. Система может применяться для создания шаблонов различных видов документов, анализа содержания документа, валидации структуры документа, валидации документа на соответствие шаблону. Также система позволяет проверять стили и шрифты на соответствие параметрам, заданным в шаблоне, и отображает найденные ошибки. Пользователь может составлять стили в редакторе шаблонов. Помимо вышеупомянутых возможностей, система имеет возможность

© Андрюкеева А. А., 2022

создавать каркас документов по шаблонам автоматически, что решает проблему составления многочисленных однотипных документов [3].

1. Проблема единообразияиспользуемой терминологии

Оформление технической документации несомненно является важным этапом ее составления. Однако, работа над содержанием – еще более сложный процесс, который трудно автоматизировать.

Технический писатель, человек, который занимается составлением ТД и поддержанием ее в актуальном состоянии, может быть специалистом в одной или нескольких предметных областях, но иногда он может столкнуться с такой, в которой имеет мало опыта или вовсе не разбирается. Отсюда может возникнуть проблема правильного применения терминологии, что в ТД является особенно важным аспектом.

Например, для специалиста, ранее работавшего с модулем системы, отвечающим за пользовательский интерфейс системы [4], могут возникнуть трудности при его переходе на работу с модулемвзаимодействия с операционной системой. Еще большую сложность представляют собой переходы между разными предметными областями систем.

2. Алгоритм анализа терминологии

Для решения проблемы использования терминологии разработан следующий алгоритм:

1. Термин, по которому необходимо осуществлять проверку, ставится в начальную форму.
2. Из текста выделяются предложения.
3. Поиск первого вхождения термина в тексте и выделение зависимых слов у первого вхождения.
4. Далее в каждом предложении находятся главные слова и их зависимые.
5. Сравниваются зависимые слова первого вхождения термина в тексте с зависимыми словами главных членов предложения.
6. При условии равенства зависимых слов, сравниваются их главные слова, то есть исходный термин и главное слово в предложении.
7. Если равенство не выполнятся, можно сделать вывод о неправильном применении термина.

Алгоритм основан на том, что при первом вхождении термина он употреблен верно.Сравнение зависимых слов помогает наиболее точно выделить терминологию для текста в его предметной области.

3. Реализация алгоритмаанализа терминологии

Алгоритм анализареализован на языке Java с использованием библиотеки TAWT [5]. Алгоритм реализован в классе TermValidator, который включает в себя в качестве полей экземпляры объектов модулей SyntaxParser и JMorfSdkFactory, и метод findMatch.

В методе findMatch входящими параметрами являются проверяемый термин и текст, в котором необходимо проанализировать употребление данного термина. Метод основан на выявлении опорных оборотов, которые состоят из главного слова и зависимых от него оборотов, то есть дерева предложения.

Алгоритм работы метода следующий:

1. Термин при помощи модуля JMorfSdkFactoryприводится к начальной форме.
2. Происходит поиск первого вхождения термина в тексте:

– модулем SyntaxParserтекст разбивается на опорные обороты;

– в каждом опорном обороте выделяется главное слово в начальной форме и сравнивается с термином;

– когда такой опорный оборот удовлетворяет условию, записывается его номер и список зависимыхоборотов.

3. Для каждого последующего опорного оборота выделяются их зависимые слова и сравниваются с зависимыми от термина. Так как список зависимых слов является деревом, то производится рекурсивная обработка каждого зависимого опорного оборота текста рекурсивно.
4. Когда в тексте найден такой оборот, в котором зависимые равны зависимым термина, то сравнивается главное слово найденного оборота и термин.
5. В случае совпадения слов делается вывод о том, что термин употреблен правильно. В обратном случае – найдена ошибка применения терминологии, которая фиксируется в отчете работы метода.

Например, исходный текст: «В подсистему формирования отчетности должны быть включены механизмы гибкой настройки. В подсистему создания отчетности включены механизмы гибкой настройки.»

Термин, по которому необходима проверка: «формирование».

В тексте будет найдено первое вхождение термина в первом предложении. Зависимым опорным оборотом будет слово «отчетности». В следующем предложении будет найденотакое же слово среди зависимых опорных оборотов, однако, главным в нем будет слово «создание», то есть отличное от термина, поэтому можно предположить, что допущена ошибка применения «подсистема создания отчетности» вместо «подсистема формирования отчетности».

На рисунке схематично изображены опорные обороты предложений, приведенных в примере. Прямоугольниками отмечены опорные обороты, зеленым – их главные слова, синим – зависимые.

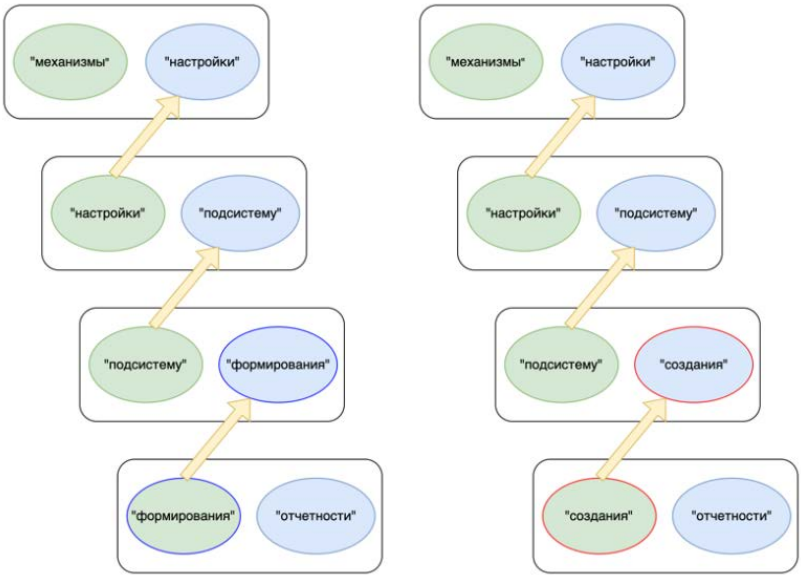


Рисунок. Опорные обороты предложений

Заключение

С помощью предложенного алгоритма можно определять точное несоответствие главных слов зависимых опорных оборотов и термина по всему дереву зависимых слов предложения. В дальнейшем планируется расширить работу алгоритма сравнением слов с применением синонимизации.

Применение предложенного алгоритма позволит реализовать в информационной системе «ТехДок» функцию валидации терминологии, которая даст пользователям возможность быстро и наглядно получить список проблемных мест в документе для оперативного исправления.

Список литературы

1. ГОСТ 3.1109-82ЕСТД. Термины и определения основных понятий [Электронный ресурс] : ГОСТ. – Дата обращения: 05.01.2021 – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845082.pdf

2. ИС «ТехДок» [Электронный ресурс] : приложение. – Дата обращения: 09.01.2021 –Режим доступа:https://yadi.sk/d/-tVo2lvW0V2JLg

3. Андрюкеева А. А. Исследование алгоритмов анализа и генерации технической документации [Электронный ресурс] : статья. – Дата обращения: 12.01.2021 – Режим доступа: https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2021.pdf

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-1-2011 Информационные технологии [Электронныйресурс] : ГОСТ. – Датаобращения: 10.01.2021 – Режимдоступа: https://docs.cntd.ru/document/1200090097

5. PolitsynaE., PolitsynS., PorechnyA.Solving practical tasks of computer linguistics using the created text processing framework [Электронныйресурс] : статья. –Датаобращения: 15.12.2021 – Режимдоступа: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129

Тенденции развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений

Е. Е. Белоусова, e-mail: katya78947@bk.ru

Научный руководитель: Дубровина О.В., преподаватель
Технический колледж федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *На сегодняшний день все сложнее становится принимать серьезные решения в постоянно меняющихся условиях. В будущем технологический прогресс позволит полностью решить данную проблему. В статье рассмотрены применение интеллектуальных систем поддержки принятия решений в различных областях, инструменты анализа и обработки данных в таких системах, а также тенденции и перспективы их развития.*

Ключевые слова: *интеллектуальные системы, системы поддержки принятия решений, машинное обучение, теория игр, тенденции развития.*

Введение

В настоящее время приходится принимать решения в условиях неопределенности, в таких условиях и живет реальный бизнес, медицина, инжиниринг и все остальные сферы деятельности. Для упрощения этой задачи ещё в конце прошлого века были разработаны первые системы поддержки принятия решений (СППР). Это системы, обладающие средствами ввода, хранения и анализа данных, относящихся к определенной предметной области, с целью поиска решений.

В процессе эволюции появились интеллектуальные СППР (ИСППР). Они осуществляют поиск функциональных и логических закономерностей в предоставленных данных, построение моделей и правил, которые объясняют найденные закономерности и прогнозируют развитие некоторых процессов [1]. Сегодня ИСППР нашли широкое применение как в коммерческих, так и в некоммерческих организациях.

1. ИСППР в различных сферах

Одной из наиболее актуальной для развития ИСППР является сфера Интернет-технологий. В эпоху цифровизации все большая часть бизнес-процессов переходит в электронный вид, где особую важность имеют

© Белоусова Е. Е., 2022

вопросы привлечения и удержания клиентов. Поэтому ИСППР часто применяются для построения рекомендательных систем интернет-магазинов и для решения проблемы персонализации посетителей Web-сайтов.

Специфика ИСППР в сети Интернет заключается в анализе крайне неоднородной, распределенной и значительной по объему информации, содержащейся на Web-узлах. Во-первых, происходит извлечение проверенной и качественной информации по запросу из огромной горы «мусора» Интернета. Во-вторых, выявляются закономерности в поведении пользователей конкретного Web-узла или группы узлов, то есть какие страницы в какой временной последовательности и какими группами пользователей запрашиваются.

В сфере торговли для успешного продвижения товаров всегда важно знать, что и как продается, а также кто является потребителем. Правильно проанализировав данные о потребителях – целевой аудитории, можно свободно регулировать предложение и управлять спросом.

Телекоммуникационный бизнес является одной из наиболее динамически развивающихся областей экономики, поэтому принимать серьезные решения компаниям очень сложно. Использование ИСППР, направленных как на анализ доходности и риска клиентов, так и на защиту от мошенничества, сэкономит компании огромные средства.

Промышленное производство создает идеальные условия для применения ИСППР, так как технологический процесс должен быть воспроизводимым и контролируемым. Таким образом, создается статистическая стабильность, что позволяет работать с более точными данными. Примером применения ИСППР в промышленности является прогнозирование качества изделия в зависимости от замеряемых параметров технологического процесса.

В медицине известно много ИСППР для постановки медицинских диагнозов. Они позволяют определить не только, чем болен пациент, но и как нужно его лечить. Помимо этого, системы помогают определять противопоказания, ориентироваться в лечебных процедурах, создавать условия наиболее эффективного лечения, предсказывать исходы назначенного курса лечения и другое. Примером может служить построение диагностической системы или исследование эффективности хирургического вмешательства.

В биоинформатике ИСППР помогает в выявлении структурных закономерностей исследований. Основная область практического применения биоинформатики – это разработка лекарств нового поколения, которые полностью преобразят современную медицину.

Таким образом, исследования новых препаратов смогут ускориться и удешевиться.

В банковском деле классическим примером применения ИСППР является решение проблемы о возможной некредитоспособности клиентов банка. Лишенная субъективной предвзятости, система опирается на предоставленный пакет необходимых документов клиента и в конечном итоге выдает факт его кредитоспособности. Эта задача решается на основе анализа накопленной информации, то есть кредитной истории предыдущих клиентов, по которой были получены профили добросовестных и неблагонадежных заемщиков. Кроме того, система позволяет классифицировать заемщика по группам риска, а также бороться с мошенничеством.

В страховании определение типичных групп (профилей) клиентов используется для того, чтобы предлагать определенные услуги страхования с наименьшим для компании риском и с пользой для клиента. С помощью ИСППР также как и в банковском деле решается проблема мошенничества [2-3].

Все используемые ИСППР основаны на инструментах статистики и машинного обучения, теории игр и прочего сложного моделирования.

2. Машинное обучение и теория игр

При построении ИСППР важным этапом является выбор способа обработки и анализа данных. Он должен полагаться на предметную область и ожидаемый результат.

Классические алгоритмы машинного обучения позволяют решить простейшие, но важные задачи. К примеру, определять состояние готовящейся продукции, принимать решения по выбору подходящих сотрудников, определять подозрительные предметы. Кроме простого Machine Learning, в СППР используется и Deep Learning. Тогда задача будет решаться на основе не только предоставленных данных, но и полученных в процессе своего обучения. Подобные алгоритмы используются в Государственных органах. Например, для получения визы клиентом собираются необходимые документы и подаются в МИД. После они загружаются в систему, и она уже выводит результат работы алгоритма в совокупности с правилами, что и приводит к одобрению или отказу.

Но бывает и так, что данные на протяжении анализа постоянно обновляются, то есть являются динамическими. Как например, при наблюдении у врача во время болезни. В таком случае используются Динамические Байесовские Сети (ДБС) – обобщение моделей на основе фильтров Калмана и Скрытой Марковской Модели [4-5].

Теория игр применяется в ИСППР, созданных для принятия стратегических решений. С помощью нее предприятие получает возможность предусмотреть ходы своих партнеров и конкурентов [6]. Например, компания, отстающая по показателям на рынке, может составить стратегию по действиям более успешных конкурентов.

3. Тенденции развития ИСППР

Рост объёма данных, разработка новых алгоритмов и методов их обработки приводит к необходимости постоянной актуализации существующих и разработки новых ИСППР на более высоком технологическом уровне. Ключевым термином в области исследований СППР является интеллектуальное принятие решений, так как на данный момент актуален анализ больших данных и продвинутые методы искусственного интеллекта [7]. Предполагается, что такие ИСППР будут использовать доступ к базам данных в режиме реального времени. А именно ИСППР, основанные на знаниях, оптимизируют процесс получения новых знаний в режиме реального времени и смогут делать более точные прогнозы.

Прогнозируется внедрение ИСППР во все большее количество сфер деятельности [8]. Немаловажной является адаптация и доработка ИССПР к сфере образования. Система позволит разрабатывать индивидуальные учебные планы студентов, обучающихся в различных вузах. Разработка индивидуальных планов возможна на основании количества студентов, которое вуз обучает, дисциплин, направленности, а также введенных предпочтений студентов. В результате система сможет предлагать наиболее оптимальные варианты, а окончательный выбор набора индивидуальных учебных планов будет осуществлять лицо, принимающее решение. Поиск решения должен осуществляться при помощи достаточно гибкого алгоритма, настройки которого возможно будет скорректировать под конкретные условия использования.

Кроме того, в настоящее время сфера кибербезопасности активно развивается и постоянно находится в поиске новых решений. При проектировании и эксплуатации системы защиты информации одно из главных мест занимает аудит информационной безопасности, позволяющий руководству организации определить реальное состояние информационных активов, оценить их защищенность, провести анализ рисков, что приводит к повышению эффективности управления предприятием. Из-за высоких требований к защите персональных данных возникает неопределенность и неоднозначность принимаемых решений, связанная со сложной оценкой защищенности, рисков безопасности и необходимостью учета требований нормативной базы.

Построение ИСППР с использованием нейросетевых технологий по оценке рисков безопасности информационной системы персональных данных позволит оценить уровень риска, выбрать эффективные и обоснованные решения для его минимизации и контроля с учетом особенностей персональных данных и требований законодательства в области их защиты.

Заключение

Требования к каждой конкретной ИСППР формируются индивидуально, в зависимости от предметной области, функционального назначения системы, предпочтений заказчика и потенциальных пользователей. Но, несмотря на разнообразие подходов к разработке ИСППР, осуществляются попытки создать некую унифицированную модель, так как считается, что будущее ИСППР за гибкостью решений.

Помимо этого, новые информационные технологии ставят своей целью обеспечение простого и дружественного взаимодействия пользователя с компьютером без необходимости регулятивного сопровождения. С точки зрения эффективности для всех задач ни один из рассмотренных инструментов (классические модели машинного обучения, глубокое обучение, теория игр) не универсален. В ИСППР будущего должны сочетаться все эти инструменты и тогда не придется постоянно адаптировать систему под каждую сферу. Но на данный момент такие действия могут привести только к ухудшению результата работы ИСППР.

Список литературы

1. Макшанов, А. В. Системы поддержки принятия решений: учебное пособие для вузов / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев, Л. Н. Тындыкарь. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 108 с.
2. Микони, С. В. Теория принятия управленческих решений: учебное пособие / С. В. Микони. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 448 с.
3. Клименко, И. С. Системный анализ в управлении: учебное пособие для вузов / И. С. Клименко. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 272 с.
4. Горбаченко, В. И. Интеллектуальные системы: нечеткие системы и сети: учебное пособие для вузов / В. И. Горбаченко, Б. С. Ахметов, О. Ю. Кузнецова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 105 с.
5. Остроух, А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография / А. В. Остроух, А. Б. Николаев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 308 с.

6. Глухов, В. В. Математические модели менеджмента: учебное пособие / В. В. Глухов, М. Д. Медников. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 500 с.
7. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 397 с.
8. Виссия, Х. Э. Р. М. Принятие решений в информационном обществе: учебное пособие / Х. Э. Р. М. Виссия, В. В. Краснопрошин, А. Н. Вальвачев. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 228 с.

Использование толковых словарей при сопровождении учебных видеоматериалов русским жестовым языком

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru [1]
О. О. Королькова, email: ookorol@mail.ru [2]

[1] Новосибирский государственный технический университет

[2] Новосибирский государственный педагогический университет

Аннотация. *Рассмотрена текущая ситуация в России и в мире в области разработки систем компьютерного перевода жестовых языков глухих. Обосновывается задача сопровождения учебных видеоматериалов русским жестовым языком. Приведено описание толкового словаря института социальных технологий новосибирского государственного технического университета.*

Ключевые слова: *русский жестовый язык, толковый словарь, машинный перевод, учебные видеоматериалы.*

Введение

Разработка методов компьютерного перевода (русского) текста (речи) на жестовые языки глухих (русский жестовый язык, РЖЯ) в любой стране мира является важной социальной задачей, способствующей поддержке коммуникаций между глухими и слышащими. Актуальность разработки систем машинного перевода жестовых языков (от слышащего к глухому и наоборот) состоит как в недостаточном количестве переводчиков жестовых языков, так и не всегда желательном посредничестве (медицина, личностные отношения и т.п.) при коммуникациях глухих и слышащих граждан [1, 2].

В настоящее время данная задача не может считаться решенной, так как отсутствуют известные варианты машинного перевода русского текста на РЖЯ и наоборот, удовлетворяющие требованиям глухих граждан России. Кроме того, в области системы образования глухих особую актуальность получила задача сопровождения учебных видеоматериалов русским жестовым языком. Считаем, что интеграция компьютерного перевода и толковых словарей способна дать значительный эффект при обучении глухих студентов. Работа по разработке подобных систем начата в Новосибирском государственном техническом университете в рамках выигранного гранта Приоритет-2030.

© © Гриф М. Г., Королькова О. О., 2022

1. Анализ имеющихся толковых словарей русского жестового языка

Необходимость реализации требований Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» [3] и Федерального закона «О внесении изменений в статьи 14 и 19 Федерального закона "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации"» ставит перед лингвистами и сурдопедагогами задачу обеспечения полноценного и доступного образования обучающимся с ограниченными возможностями здоровья по слуху [4].

Одним из актуальных направлений работы по решению поставленных перед российской наукой задач является исследование лексики русского жестового языка и разработка лексикографического описания этого языка.

Результатом изучения лексики русского жестового языка стало создание более десяти словарей РЖЯ.

К обычным словарям относятся «Краткий словарь русского жестового языка» (составитель С. Ватага) и «Словарь лексики русского жестового языка», подготовленный ООО «Жест» и Научно-методическим центром социально-педагогических проблем образования глухих и жестового языка.

«Словарь русского жестового языка», разработанный авторским коллективом под руководством В.З. Базоева, одновременно является обычным и учебным словарем. По мнению авторов-составителей, он включает в себя большую часть жестов, используемых людьми с ограниченными возможностями здоровья по слуху на территории России.

Словарь И. Ф. Гейльмана «Специфические средства общения глухих (дактилология и мимика). Язык жестов» одновременно относится к учебным, толковым и диалектным словарям, т.к. автор определил его как учебное пособие, но в нем одновременно зафиксирована лексика санкт-петербургского диалекта.

К тематическим словарям следует отнести словарь «Говорящие руки. Тематический словарь жестового языка глухих России» (автор Р.Н. Фрадкина), «Тематический словарь российского жестового языка», подготовленный ООО «Жест» и Научно-методическим центром социально-педагогических проблем образования глухих и жестового языка, и «Жесты. Словарь-справочник», вышедший в издательстве «Загрей» в 1995 году. Кроме того, словарь «Говорящие руки» одновременно является диалектным словарем, так как в нем представлены жесты московского диалекта РЖЯ, а включение в данное издание английских эквивалентов слов позволяет отнести его к трехязычным словарям.

На сайте Всероссийской организации глухих (далее – ВОГ) недавно был представлен «Словарь православной лексики русского жестового языка» [5], созданный в 2016-2018 гг. при поддержке Международного грантового конкурса «Православная инициатива». Видеословарь включает в себя 218 жестов, в том числе вариативных, используемых в 9 православных общинах глухих России и сгруппированных по следующим категориям: общеупотребляемые слова, общеупотребляемые выражения (словосочетания), храм и утварь, грехи, церковная иерархия, церковные праздники, таинства и обряды, а значит, может быть отнесен одновременно к диалектным и тематическим словарям.

Учебными являются словари «Ваш друг – жестика. Словарь. Упражнения. Разговорник» и «Ручная азбука и речевые жесты глухонемых. Учебное пособие (словарь)», разработанные И.Ф. Гейльманом, словарь «Специфические средства общения глухих. Комплект видеокассет, CD», подготовленный ГОУ «Межрегиональный центр реабилитации людей с проблемами слуха», и «Видеословарь русского жестового языка. 1 часть. Интерактивный DVD», выпущенный УМЦ ВОГ в 2006 году.

Недавно был завершен проект «Совершенствование методов преподавания русского языка (РЯ) глухим школьникам (учащимся 4–8 классов) с использованием средств русского жестового языка и разработкой тематического глоссария». На сайт ВОГ так была определена цель этого проекта: «Как известно, для всестороннего развития и использования своих возможностей во всех сферах жизни глухому человеку необходимо одинаково хорошо знать как русский жестовый язык (РЖЯ), так и русский язык. Одним из самых важных направлений деятельности Всероссийского общества глухих является поддержка программ по образованию, развитию грамотности глухих и слабослышащих людей». Продуктом реализации проекта стало издание «Краткого словаря лингвистических терминов. Русский язык – русский жестовый язык» [6].

Одновременно к обычным и диалектным словарям относится видеословарь русского жестового языка, созданный сотрудниками ИСТ НГТУ [1], так как, во-первых, жесты представлены в нем в алфавитном порядке, во-вторых, языковым материалом являются жесты сибирского диалекта РЖЯ. В 2017 году материалы словаря были обновлены. В настоящее время на его основе ведётся разработка «Толкового словаря специальных терминов на русском жестовом языке».

2. Разработка толкового словаря специальных терминов на русском жестовом языке в НГТУ

На сайте ИСТ НГТУ сформулированы причины и цели создания нового словаря: «… отсутствие специальной терминологии в связи с тем, что РЖЯ до недавнего времени преимущественно функционировал в бытовой сфере общения; необходимость терминологии в связи с расширением сфер использования РЖЯ; варьирование РЖЯ; некодифицированность РЖЯ и пр.» [6]. Разработка содержит 76 жестов, разбитых на 3 темы: «Социальная работа», «Рисунок» и «Адаптивная физическая культура». Словарная статья каждого термина состоит из 3 разделов: «Слово», «Толкование на РЖЯ» (видеоматериалы) и «Текстовое описание слова».

Так, например, выглядит словарная статья «Абилитация» (рис.1.):

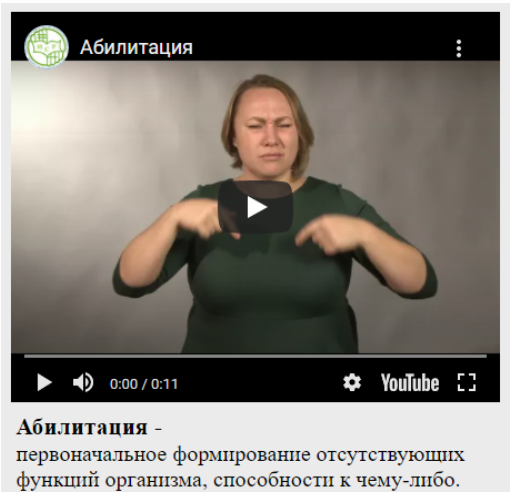


Рис. 1. Жест АБИЛИТАЦИЯ [6]

Таким образом, новый видеословарь одновременно можно считать диалектным, тематическим, толковым и учебным [7].

В настоящее разработан новый учебный словарь «Тематический словарь русского жестового языка» [8] для студентов уровня среднего профессионального образования (рис. 2.).

Словарь содержит видеоматериалы, иллюстрирующие исполнение учебных терминов по 8 учебным дисциплинам.

Тематическая группа «История» включает в себя 79 жестов: ДЕПУТАТ, ГЛАСНОСТЬ, ВОССТАНИЕ, ВОЙНА, ВЛАСТЬ и др.

В тематическую группе «Социальная работа» составители включили 20 жестов: ЭМПАТИЯ, АБИЛИТАЦИЯ, СОЦИУМ, СОЦИАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ, СОЦИАЛЬНАЯ РЕАДАПТАЦИЯ и др. (рис. 3.).

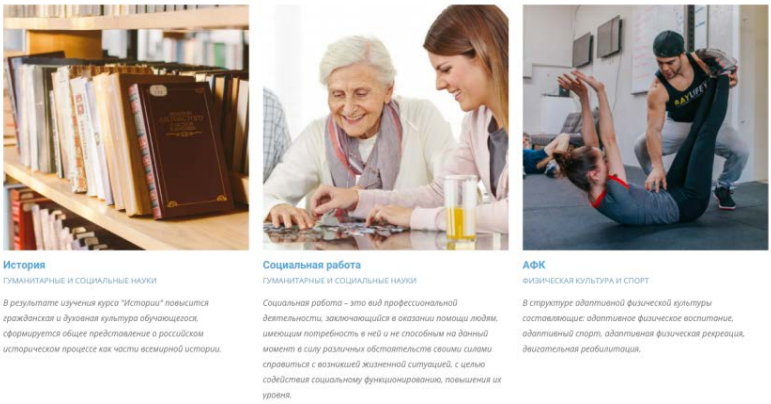


Рис. 2. «Тематический словарь русского жестового языка»

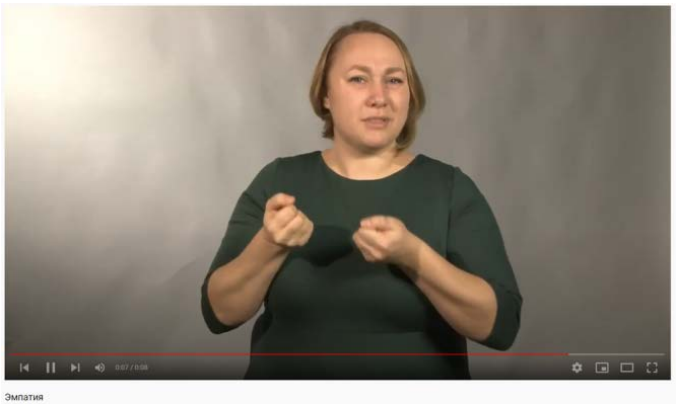


Рис. 3. Жест ЭМПАТИЯ

Тематическая группа «АФК» состоит из 20 жестов: ТРЕНИРОВКА, СТРАХОВКА, СПОСОБНОСТИ, РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКОЕ, РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ, ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ и др.

В состав тематической группы «Рисунок» включено 36 жестов: ФАС, АНФАС, ФОРМАТ, ФАКТУРА, РАКУРС и др.

Тематическая группа «Моделирование» состоит из 46 жестов: ПОДШИВАНИЕ, ПЛЕЧЕВАЯ ОДЕЖДА, ОТУТЮЖИВАНИЕ, ОТТЯГИВАНИЕ, ОТПАРИВАНИЕ и др.

Тематическая группа «Художественная обработка дерева» включает в себя 13 жестов: АППЛИКАЦИЯ, БЕРЕСТА, ИНКРУСТАЦИЯ, КОМЕЛЬ, ОРНАМЕНТ и др.

В состав тематической группы «Математика» составители словаря включили 104 жеста: АЛГЕБРА, АКСИОМА, АРИФМЕТИКА, ГЕОМЕТРИЯ, ДРОБЬ и др.

Тематическая группа «Тригонометрия» содержит в своем составе исполнение жестов: АРКТАНГЕНС, АРКСИНУС, ТАНГЕНС, ТРИГОНОМЕТРИЯ.

Заключение

В ноябре 2021 г. в рамках проекта НГТУ Приоритет-2030 начата разработка тематического толкового учебного диалектного двуязычного словаря для студентов уровня ВО. Разработку данного типа словаря инициировали глухие студенты и аспиранты НГТУ, которые в ходе проведенного А.Приходько анкетирования обозначили проблемы необходимости точного перевода значения терминов на русский жестовый язык и полноценного освоения русского вербального языка как государственного языка РФ. На первом этапе реализации проекта его разработчики проанализировали имеющиеся материалы и определили списки терминов, которые должны быть включены в них. На втором этапе будет произведена съемка видеороликов с толкованиями терминов на русском жестовом языке. Третий этап будет заключаться в оформлении словарных статей, которые будут содержать название термина, толкование на русском вербальном языке, видеоматериалы толкования термина на русском жестовом языке.

Список литературы

1. Гриф, М. Г. Лексические и грамматические аспекты разработки компьютерного сурдопереводчика русского языка : монография / М. Г. Гриф [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 292 с.

2. Мануева, Ю. С. Построение системы компьютерного сурдоперевода русского языка / Ю. С. Мануева, М. Г. Гриф, А. Н. Козлов // Труды СПИИРАН. 2014. – Спб., 2014. – № 6(37). – С. 170-187.

3. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Режим доступа: https://rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html.

4. Федеральный закон от 30.12.2012 № 296-ФЗ «О внесении изменений в статьи 14 и 19 Федерального закона "О социальной защите

инвалидов в Российской Федерации"». Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902389665.

5. Словарь православной лексики русского жестового языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.voginfo.ru/lexicon/enter.html.

6. Проект завершен. Вышла книга с тематическим глоссарием на жестовом языке [Электронный ресурс]. https://voginfo.ru/vog/2021/01/04/izuchaem-russkij-jazyk-s-pomoshhju-zhestov/.

7. Королькова О. О. Русский жестовый язык: актуальные проблемы изучения, состояние, перспектива // Вестник НГУ. Серия: История, филология. 2020. Т. 19, № 9: Филология. С. 64–73.

8. Тематический словарь русского жестового языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nisor.ru/snews/oa-/catalog.html.

Объектно-ориентированный анализ тональности твитов о банках и операторах сотовой связи

И. Ф. Жолобов, e-mail: ilyazh47@google.com

Вятский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается задача объектно-ориентированного анализа тональности на корпусе SentiRuEval-2016, включающего твиты о банках и операторах сотовой связи. Исследуются методы на основе словарей оценочной лексики, машинного обучения и глубоких нейронных сетей. Для методов машинного обучения используются векторные представления на основе tf-idf и представления, полученные после обучения нейросетевой модели RuBERT. Полученные результаты для методов, использующих словари, хуже оценок предыдущих работ на 14–27 процентных пунктов. Методы машинного обучения с использованием tf–idf дали оценки, отличающиеся от результатов предыдущих работ не более чем на 11-13 процентных пунктов в меньшую сторону. Применение представлений, полученных на основе нейросетевой языковой модели RuBERT позволило превзойти результаты предыдущих работ на 6–11 процентных пунктов.*

Ключевые слова: *Словарь оценочной лексики, токенизация, представление текста, методы машинного обучения, нейронные сети, RuBERT.*

Введение

Люди привыкли давать оценку различным аспектам собственной жизни: своему окружению, событиям в жизни, компаниям и их услугам и товарам, которыми они пользуются, и делиться своим мнением в сети.

Компании заинтересованы в получении оценок относительно своих и конкурентных предложений на рынке. Особо ценными для них являются положительные и негативные отзывы о своем продукте – можно использовать как преимущество перед конкурентами или улучшить свой продукт, чтобы не уступать конкурентам.

Задачу объектно-ориентированного анализа тональности можно сформулировать следующим образом. Пусть задано некоторое конечное множество объектов (например, банков или операторов сотовой связи), шкала оценок относительно данных объектов (например, позитивно, негативно и нейтрально), а также высказывание, в котором упоминается хотя бы один объект из данного множества. Объектно-ориентированный

© Жолобов И. Ф., 2022

анализ тональности – поиск оценки относительно каждого объекта, упомянутого в высказывании [8].

SentiRuEval-2016 – корпус твитов, предложенный для одноименного соревнования в рамках конференции «Диалог-2016» [11]. Корпус разделен на две категории объектов: высказывания пользователей о банках и об операторах связи. Каждое сообщение содержит мнение пользователя об одном или нескольких объектах, принадлежащих к данной категории.

В настоящей работе рассматриваются методы с использованием словарей оценочной лексики, методы машинного обучения с различными способами получения векторного представления текстов, а также нейросетевая модель RuBERT [4]. Данные модели не были исследованы в предыдущих работах [1, 2, 2] для корпуса SentiRuEval-2016.

1. Текстовый корпус

Текстовый корпус SentiRuEval-2016 включает твиты и поделен на две категории объектов: банки и операторы связи.

Данные наборы имеют следующие общие данные:

– twitid – id твита;
– date – дата публикации твита;
– text – текст твита.

Остальные поля в наборе данных представляют собой объекты, которые могут упоминаться в твите и для них необходимо найти оценку.

Множества объектов для категории банков: Сбербанк, ВТБ, Газпром, Альфа банк, Банк Москвы, Райффайзен, Уралсиб, Россельхозбанк; а также для операторов связи: Билайн, МТС, Мегафон, Теле2, Ростелеком, Комстар, Ситилинк.

Соотношение объектов и классов на обучающем и тестовом наборе данных для банков и операторов связи приведено в табл. 1.

Таким образом, можно заметить, что данный корпус является сильно не сбалансированным.

Наборы данных характеризуются следующими значениями, представленными в табл. 2.

Таким образом, точность оценок будет смещена в пользу примеров с наибольшем количеством оценок по данной тональности. В предыдущих работах [1, 2, 2] при подсчете метрик не учитывается нейтральный класс тональности, и в нашей работе тоже не будем его учитывать при подсчете метрик, но для обучения моделей примеры с данной тональностью будут использоваться.

Таблица 1

Соотношение классов и объектов

Набор данных	Категория	Классы			
		Нейтрально	Негативно	Позитивно	Оценка отсутствует
Обучающий	Банки	7158	2807	760	64411
	Операторы связи	5209	2611	1382	51292
Тестовый	Банки	2316	784	318	23086
	Операторы связи	1062	2611	231	13269

Таблица 2

Статистика по корпусу

Характеристика	Банки		Операторы связи	
	Обучающий	Тестовый	Обучающий	Тестовый
Количество твитов	9 392	3 313	8643	2247
Количество объектов	8	8	7	7
Количество твитов, имеющих более чем одну оценку	857	101	435	193
Количество твитов, имеющих разноклассовую оценку	23	11	131	49

Для оценки моделей, как и в предыдущих статьях [1, 2, 2] для данного корпуса будут использоваться метрик F-macro и F-micro для получения оценивания результатов работы модели на всем наборе данных, а так же отдельно $F1_{pos}$, $F1_{neg}$ – метрика F1-score для каждого класса в корпусе, исключая нейтральный класс.

2. Предобработка текста

Перед применением методов машинного обучения из текстов твитов удаляются ссылки и знаки пунктуации, и производится токенизация

На основе токенов будет возможно построить представление текстов, которое необходимо для обучения моделей.

В нейросетевой модели RuBERT, являющейся стеком энкодеров [4], есть встроенный механизм токенизации. Токен – слово из словаря нейросетевой модели; если данного слова нет в словаре, оно разбивается на части, которые в нем есть.

Для методов, основанных на словарях оценочной лексики, и методов машинного обучения, для получения токенов была использована библиотека NLTK [6].

В работе использовались три различных подхода:

– методы на основе словарей оценочной лексики;
– методы машинного обучения;
– нейронная сеть RuBERT [4].

3. Подходы к решению

Методы на основе словарей оценочной лексики являются наиболее простыми и менее ресурсозатратными, чем методы машинного обучения и RuBERT. Было рассмотрено два метода классификации.

Производился поиск слов из твита в словаре оценочной лексики. На основе найденных слов составлялась оценка и использовалась в качестве предсказанной оценки для всех объектов в данном примере. Также данный метод был модифицирован – для каждого из объектов были построены словари синонимов, производился поиск синонима, и поиск слов из словаря оценочной лексики производился в области 10 слов вокруг синонима.

Следующим подходом к решению задачи стали методы машинного обучения для решения задач классификации из библиотеки scikit-learn [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Для методов машинного обучения необходимо получить векторное представление документов корпуса. Также для выбранных методов машинного обучения, будут подбираться гиперпараметры моделей, с проверкой результатов обучения при помощи кросс-валидации.

Кросс-валидация – метод оценивания результатов обучения различных моделей машинного обучения. Данный процесс позволяет оценить работу модели на всем наборе данных и при этом усреднить результаты в зависимости от входных данных в процессе обучения модели.

Еще одним подходом к решению задачи является использование нейронной сети RuBERT [4]. Основным назначением данной нейронной сети является получение наилучших представлений входных данных. Так как данная нейронная сеть формирует новые представления в зависимости от входных данных, то полученные представления можно будет использовать для обычных методов машинного обучения.

4. Представление текста

Для метода, основанного на словарях оценочной лексики, достаточно произвести токенизацию, но для моделей машинного обучения еще необходимо получить представление текста – перевести

документы в векторное пространство, с сохранением особенностей как всего корпуса, так и отдельно взятого документа.

В данной работе для моделей машинного обучения было использовано tf-idf. tf-idf – это статистическая мера, используемая для оценки важности в контексте документа, который является частью коллекции документов или корпуса [10].

tf (term frequency) – отношение вхождения некоторого слова к общему числу слов документа:

$$\mathrm{tf}(t,d) = \frac{n_t}{\sum_k n_k}, \quad (1)$$

где idf (inverse term frequency) – инверсия частоты, с которой некоторое слово встречается в документах коллекции:

$$\mathrm{idf}(t,D) = log\frac{|D|}{\left|\left\{d_i \hat{I} D \mid t \hat{d} d_i\right\}\right|}, \quad (2)$$

где итоговый вес термина t для документа d рассчитывается по формуле:

$$t\,\mathrm{f} - \mathrm{idf}(t,d,D) = \mathrm{tf}\left(t,d\right) \times i\,\mathrm{df}\left(t,D\right). \quad (3)$$

Вес tf-idf позволяет оценить важность слова в контексте документа, являющегося частью корпуса.

Набором слов в данном случае будут нормальные формы слов, полученные на основе токенов при помощи библиотеки pymorphy [5].

Для методов машинного обучения было построено векторное представление tf-idf на основе словаря из нормальных форм, который подвергся удалению, таких частей речи как: числительные, союзы, предлоги, частицы, междометия.

Для RuBERT [4] получать представления отдельно не нужно – в процессе обучения данная нейронная сеть обучается получать представление текстов и использует их для решения поставленной задачи. После обучения модели можно отдельно от результатов решения использовать новые представления данных, полученные в результате работы нейросетевой модели RuBERT, для методов машинного обучения.

5. Результаты экспериментов

В работе было использовано несколько словарей оценочной лексики, которые были построены, основываясь на других словарях, аналогично работе [9]. Происходило голосование словарей – если *n* и более словарей голосовали за то, что данное слово носит негативную оценку, то оно учитывалось как негативное, аналогично для позитивно-окрашенных слов. Были построены словари, где n= 1, 2, 3. В таблицах 3

и 4 представлены результаты, полученные с использованием словарей оценочной лексики. Можно заметить, что для словарей, где n = 1 и 2 результаты идентичны.

Таблица 3

Результаты на словарях оценочной лексики для банков

Метод	n словарей	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
На всем тексте примера	1	0.3917	0.2835	0.3376	0.3394
	2	0.3917	0.2835	0.3376	0.3394
	3	**0.3919**	**0.3368**	**0.3644**	**0.3695**
На основе синонимов	1	0.3139	0.2826	0.2983	0.2995
	2	0.3139	0.2826	0.2983	0.2995
	3	0.2611	0.2921	0.2766	0.2739

Таблица 4

Результаты на словарях оценочной лексики для операторов связи

Метод	n словарей	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
На всем тексте примера	1	0.5305	0.2253	0.3779	0.4001
	2	**0.5305**	0.2253	0.3779	**0.4001**
	3	0.4927	0.2236	0.3581	0.3883
На основе синонимов	1	0.4764	0.3302	0.4033	0.3954
	2	0.4764	**0.3302**	**0.4033**	0.3954
	3	0.4214	0.3289	0.3751	0.3746

Были протестированы следующие модели машинного обучения [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]:

- логистическая регрессия;
- метод опорных векторов;
- k-ближайших соседей;
- дерево решений;
- случайный лес;
- адаптивный бустинг (AdaBoost);
- градиентный бустинг;
- наивный байесовский классификатор;
- полиноминальный байесовский классификатор.

Лучшими среди протестированных моделей оказались:

- логистическая регрессия;
- метод опорных векторов;
- случайный лес.

Для данных моделей был произведен выбор оптимальных значений гиперпараметров с использованием 5-кратной кросс-валидации на обучающих данных.

Таблица 5

Результаты лучших моделей машинного обучения для банков

Модель	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
SVC (C= 10, kernel='rbf')	0.4700	**0.3333**	0.4016	0.4348
LogisticRegression (solver= 'saga', penalty='none')	**0.5065**	0.3228	**0.4146**	**0.4512**
RandomForestClassifier (criterion= 'gini', n_estimators= 100, max_features= 'log2')	0.2820	0.2171	0.2496	0.2625

Таблица 6

Результаты лучших моделей машинного обучения для операторов

Модель	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
SVC(C= 10, kernel='rbf')	**0.6084**	**0.2544**	**0.4314**	**0.5568**
LogisticRegression(solver= 'newton-cg', penalty='l2')	0.5884	0.2284	0.4084	0.5368
RandomForestClassifier(criterion= 'gini', n_estimators= 150, max_features= 'log2')	0.4910	0.1500	0.3205	0.4431

Для нейронной сети RuBERT производился выбор оптимального количества эпох обучения. Лучший результат был достигнут на обучающем наборе данных как для банков, так и для операторов связи при количестве эпох обучения, равном 2.

Так как основной задачей данной модели является получение эффективных векторных представлений для данных, то полученные векторных представления были использованы в качестве входных данных для лучших методов машинного обучения с подбором гиперпараметров.

Таблица 7

Результаты для баков на векторных представлениях, полученных RuBERT

Модель	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
SVC(C= 0.1, kernel='poly')	0.6833	**0.6252**	**0.6542**	**0.6670**
LogisticRegression(solver= 'saga', penalty='l1')	0.6775	0.6134	0.6455	0.6590
RandomForestClassifier(criterion= 'gini', n_estimators= 50, max_features= 'log2')	**0.6838**	0.6160	0.6499	0.6642
RuBERT	0.6756	0.6245	0.6500	0.6606

Таблица 8

Результаты для операторов связи на векторных представлениях, полученных RuBERT

Модель	$F1_{neg}$	$F1_{pos}$	Macro F1	Micro F1
SVC (C= 0.1, kernel='rbf')	0.7697	0.5324	0.6510	0.7327
LogisticRegression(solver= 'newton-cg', penalty='none')	**0.7707**	0.5246	0.6476	0.7314
RandomForestClassifier(criterion= 'gini', n_estimators= 150, max_features= 'log2')	0.7675	0.5182	0.6428	0.7289
RuBERT	0.7696	**0.5368**	**0.6532**	**0.7330**

На векторных преставлениях из RuBERT оценки для методов машинного обучения улучшились. Это свидетельствует о том, что RuBERT позволяет получить более информативные векторные представления чем tf-idf. Полученный результат может говорить о том, что при помощи RuBERT несбалансированность классов в корпусе может нивелироваться, чего не могут предложить модели машинного обучения с использованием tf–idf, которые имеют сильную зависимость от распределения классов в наборе данных (см. таблицы 5–8).

В таблице 9 представлены лучшие результаты предыдущих работ в сравнении с наибольшими оценками, полученными в процессе исследования.

Таблица 9

Сравнительная характеристика лучших результатов

	Операторы		Банки	
Лучшие результаты статей	Macro F1	Micro F1	Macro F1	Micro F1
[1]	0.5594	0.6813	0.5517	0.5881
[2]	0.5594	0.6525	0.5517	0.5881
[3]	0.5270	0.6840	0.5380	0.5770
SVC + RuBERT	**0.6510**	**0.7327**	**0.6542**	**0.6670**

Таким образом, использование нейросетевой модели RuBERT для получения векторных представлений тестов и SVC в качестве классификатора позволило улучшить результаты предыдущих статей для корпуса SentiRuEval-2016.

Заключение

В ходе работы были рассмотрены различные модели и методы для объектно-ориентированного анализа тональности. Для корпуса SentiRuEval-2016 были получены значения метрик качества, превышающие результаты предыдущих работ [1, 2, 2].

Было выявлено, что при помощи нейросетевой модели RuBERT можно получить такие векторные представления текстов, которые позволяют сгладить несбалансированность классов изначального корпуса, что дает возможность улучшить результаты, получаемые при помощи стандартных методов машинного обучения.

Список литературы

1. SentiRuEval-2016: Overcoming Time Gap and Data Sparsity in Tweet Sentiment Analysis / Loukachevitch N. [and all] // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow, June 1-4, 2016. – Режим доступа: https://www.dialog21.ru/media/3410/loukachevitchnvrubtsovayv.pdf

2. Comparison of neural network architectures for sentiment analysis of russian tweets / Arkhipenko K. [and all] // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow, June 1-4, 2016. – Режим доступа: https://www.dialog-21.ru/media/3380/arkhipenkoetal.pdf

3. Entity Based Sentiment Analysis Using Syntax Patterns and Convolutional Neural Network / Karpov I. [and all] // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow, June 1-4, 2016. – Режим доступа: https://www.dialog-21.ru/media/3396/karpoviaetal.pdf

4. Adaptation of deep bidirectional multilingual transformers for russian language / Kuratov Y. [and all] // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow, May 29 – June 1, 2016. – Режим доступа: https://www.dialog-21.ru/media/4606/kuratovyplusarkhipovm-025.pdf

5. Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages / Korobov M. // Analysis of Images, Social Networks and Texts. AIST 2015, 2015.

6. Natural Language Toolkit [Электронный ресурс]: библиотека для python. – Режим доступа: https://www.nltk.org/index.html

7. scikit-learn: machine learning in Python [Электронный ресурс]: библиотека для python. – Режим доступа: https://www.nltk.org/index.html

8. A Survey of Multimodal Sentiment Analysis / M. Soleymani [and all] // Image and Vision Computing, 2017.

9. Lexicon-based Methods vs. BERT for Text Sentiment Analysis / Kotelnikova A. [and all] // 10th International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST-2021), 2021.

10. An information-theoretic perspective of tf–idf measures / Aizawa A. // Information Processing & Management, 2003. – P. 45-65.

11. Диалог 2016 [Электронный ресурс]: сайт конференции Диалог 2016. – Режим доступа: https://www.dialog-21.ru/dialogue2016/results/

Интеллектуализация управления в энергетических системах

Ю. А. Клименко, email: klm71165@mail.ru [1]
Я. Е. Львович, email: office@vivt.ru [2]
А. П. Преображенский, email: app@vivt.ru [1]

[1] Воронежский институт высоких технологий
[2] Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности построения алгоритмов интеллектуального управления энергетическими системами. Проведено описание основных блоков системы управления.*

Ключевые слова: *Управление, информация, оптимизация, рейтинг, система, энергетика.*

Введение

Процессы того, как функционирует и развивается отрасль эксплуатации энергетическими системами определяется особенностями влияния большого числа факторов. Они связаны с социальным, экономическим, технологическим и другими процессами. При этом за счет фактора времени происходит аккумулирование их влияния.

В частности анализ путей повышения эффективности управления различными компонентами энергетических систем может быть проведен на основе использования методов прогнозирования, моделирования, принятия решений и оптимизации.

Основная часть

Для того, чтобы вести разработку по современной системе управления элементами в энергетических распределительных системах применяются такие этапы в процессах моделирования [1]:

– осуществление описания по объекту, постановка проблемы и формирование цели и задач;

– построение начальной модели по предмету исследования, что требует рассмотрения системы по количественным, качественным и структурным показателям; определение метода, структуры и методологии исследования;

– проведение сбора по статистическим данным относительно той системы, которая подвергается моделированию;

© Клименко Ю. А., Львович Я. Е., Преображенский А. П., 2022

– осуществление диагностики по текущему состоянию в системах, также определение особенностей перспектив и тенденций относительно ее развития, проведение анализа по проблемам и выявление ключевых противоречий которые существуют внутри систем, реализация оценок по возможностям систем, поддержка анализа по альтернативным путям развития систем, осуществление оценок по необходимым ресурсам и их источникам;

– формирование нормативных и/или поисковых моделей по исследуемым системам;

– осуществление верификации по результатам исследований.

При принятии управленческих решений, направленных на совершенствование энергетических систем, прогнозирование является одним из первоочередных, так как оно связано с тем, что предсказываются результаты и последствия по внедрению принятых стратегий. На базе прогноза происходит выявление соответствующих неопределенностей внутри системы. Также определяются факторы, которые будут способствовать или препятствовать достижению обозначенных целей. Для условий, когда существует ограниченная точность по параметрам развития, прогнозы дают возможности для того, чтобы осуществить описание по альтернативам, положительным и негативным тенденциям, возможным противоречиям. Будут определяться условия, при которых будет достижение цели (рисунок).

В комплексном подходе предусматривается, что будет формирование прогнозов и планов, которые рассматриваются во взаимосвязи как в пространственных масштабах (с точки зрения отраслевого и территориального разреза), так и во временных [2]. Непрерывность при планировании будет обеспечена за счет того, что реализуется принцип обратной связи. Осуществление корректировки относительно планов и прогнозов будет реализовываться при учете информации относительно обратной связи. В ней находятся данные, которые связаны с результатами реализации планов, а также прогнозов. Уточняются потребности, относительно изменений тенденций по развитию объектов и внешней среды.

Для оценки эффективности функционирования и развития энергетических систем, направленной на обеспечение деятельности различных промышленных предприятий, возможно использование статистических методов анализа [3]. Например, прогнозирование осуществляется по временным рядам.

В ходе предварительного анализа временных рядов реализуется визуальный анализ по графикам во временном ряде. Кроме того, определяются аномальные уровни во временных рядах.

Типы связей среди компонентов во временном ряде определяются на базе нормального распределения в отклонениях по эмпирическим значениям в уровнях временных рядов от теоретических, которые были получены в рамках уравнений тренда.

Тогда, когда распределение является нормальным, по абсолютным отклонениям связь будет аддитивной, по относительным – мультипликативной.

Важно учитывать, что ключевые компоненты могут осуществлять воздействие на величины уровней во временных рядах таким образом:

– когда факторы, которые образуют подобные компоненты, являются мультипликативными, тогда значения в уровнях временных рядов

$$\overline{y_t} = T \cdot C \cdot \varepsilon; \quad (1)$$

– когда факторы являются аддитивными, тогда для значений уровней во временных рядах будем иметь

$$\overline{y_t} = T + C + \varepsilon; \quad (2)$$

– когда факторы во временных рядах будут выражаться комбинированным способом, тогда значения по уровням во временных рядах

$$\overline{y_t} = T \cdot C + \varepsilon, \quad (3)$$

в указанном выражении Т – анализируется в виде тенденции, она соответствует общей долгосрочной закономерности по изменению значений во временных рядах для соответствующих продолжительных временных периодов; С – рассматривается в виде сезонного компонента. Он будет повторяться если связывать с тенденцией движений вверх и вниз. По ним, циклы большей частью завершаются при окончании года. В дальнейшие годы будет снова повторение по циклам; ε – рассматривается в виде случайного компонента.

Когда по абсолютным отклонениям видны тенденции к росту, а по относительным идет варьирование приблизительно по одинаковым уровням. Тогда в таких случае будет наблюдаться мультипликативная связь по тренду и сезонному компоненту.

Вследствие концепции относительно существования вероятностных элементов для динамики процессов, которые реализуются внутри систем, можно проводить рассмотрение уровней временных рядов в виде сумм по детерминированным и случайным процессам.

В ходе анализа по изменениям внутри систем относительно временного параметра будут определяться средние показатели. Они относятся к среднему уровню рядов. Это рассматривается в виде

обобщающей характеристике по рядам динамики. Для них изменения будут стабилизированными по исследуемому периоду. Существует влияние относительно случайных колебаний

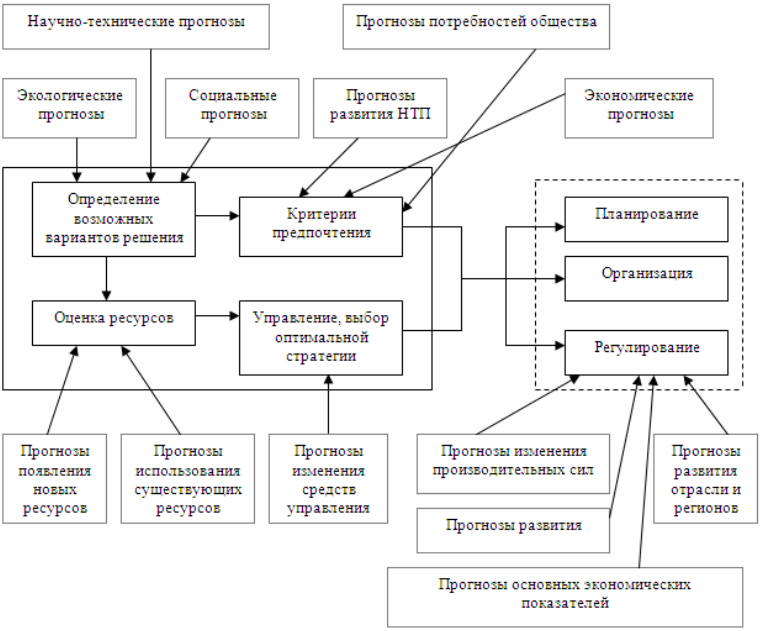


Рисунок. Этапы прогнозирования в принятии решений.

$$\overline{y} = \frac{\sum_{t=1}^{n} y_i}{n}, \tag{4}$$

В указанном выражении n – рассматривается как количество уровней или длина ряда; y_t – показывает значение уровня во временном ряде.

Помимо способов в прогнозировании происходит использование экспертных методов. Они дают возможности для реализации принципа системности. Их применяют в ходе формирования вариантов решений (по альтернативам, по вариантам систем). Также решаются задачи, направленные на формирование совокупности критериев. Тогда будет строиться дерево целей, а также определяются весовые коэффициенты, происходит выделение таких критериев, которые соотносятся с целями.

При этом учитывается этап выбора решений. Внутри систем экспертного оценивания включают такие компоненты – базу данных по объектах, которые должны подлежать экспертизам; база данных относительно характеристик экспертов [4].

Заключение

Проведение разработок по оптимальным моделям и подходам к формированию содержания эксплуатации энергетических систем опирается на исходную информацию, которая получается от экспертов и применяемую в последующем в ходе процессов принятия решений. Ключевой компонентов в процедурах выбора той альтернативой, которая будет наиболее предпочтительной будет определение по правилу π. В нем будет проводиться выбор. Реализация сравнительной предпочтительности по альтернативам, которые принадлежат к произвольному множеству $A=\{a_1,\ldots,a_n\}$, будет происходить на основе критериев $K=\{к_1,\ldots,к_n\}$. Они допускают то, что будет качественная или количественная оценка по альтернативам.

Важно проводить формирование пространственно-временных данных, если будет создание информационных ресурсов, которые позволяют поддерживать интеллектуализацию при управлении энергетическими системами. При этом можно опираться на мониторинг энергетических компонентов.

Характеристики эффективности управления энергетическими системами будут обеспечены, если будет достижение интеллектуализации принятия управленческих решений вследствие разработок проблемно-ориентированных способов информации.

Список литературы

1. Солодянников, В. А. Балльно-рейтинговые технологии оценки деятельности / В.А. Солодянников. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 180 с.

2. Верещагин, Ю.Ф., Ерунов В.П. Рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза: Учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 105 с.

3. Новиков, Д.А. Модели функционирования многоуровневых организационных систем / Д.А.Новиков. – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 155 с.

4. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А.Новиков. – 2-е изд. – М.: Физматлит. 2007. – 584 с.

О применимости γ-классификатора к распознаванию однородности текстов на славянских языках

А. А. Косимов, email: abdunabi_kbtut@mail.ru

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Аннотация. *В исследованиях Р. Грея и К. Аткинсона [1] посредством статистического анализа родственных слов, У. Чанга, Ч. Кэткарта, Д. Холла и А. Гарретта [2] с помощью статистического моделирования и А. С. Касьяна и А. В. Дыбо [3] на основе лексикостатистической классификации помимо обсуждения исторических вопросов представлены генеологические деревья, отражающие как родство, так и дивергенцию современных славянских языков. Таких деревьев достаточно много, они сходны в общих чертах и различны в небольших деталях, см. например, [3, 4]. Ареал прежде единого языка ныне разделился на три группы – восточную в составе белорусского, русского и украинского языков, западную – из чешского, словацкого, польского, кашубского и лужицких языков и южную, состоящую из болгарского, македонского, сербо-хорватского и словенского языков. В статье на примере случайно сформированной модельной коллекции из 26 текстов на 13 языках (по 2 произведения от каждого языка) устанавливается применимость γ-классификатора для автоматического распознавания принадлежности текстов той или иной группе славянских языков на основе частотности универсального для все языков набора латинских символов. Математическая модель γ-классификатора представляется в виде триады, составленной из цифрового портрета (ЦП) текста – распределения в тексте частотности латинских символьных униграмм; формулы для вычисления расстояний между ЦП текстами и алгоритма машинного обучения, реализующего гипотезу "однородности" произведений из одной группы языков и "неоднородности" произведений, принадлежащих разным группам языков. Настройка алгоритма, использующего таблицу парных расстояний между всеми произведениями модельной коллекции, осуществлялась путем подбора оптимального значения вещественного параметра γ, минимизирующего число ошибок нарушения гипотезы "однородности". Обученный на текстах модельной коллекции γ-классификатор показал 86%-ю точность в распознавании языков произведений. Для тестирования классификатора были выбраны 3 дополнительных случайных текста, по одному тексту для трёх разных*

© Косимов А.А., 2022

групп славянских языков. Методом ближайшего (по расстоянию) соседа все новые тексты подтвердили свою однородность с соответствующими парами одноязычных произведений, тем самым и однородность с соответствующей группой славянских языков.

Ключевые слова: *текст, язык, славяне, алфавит, универсальный набор латинских символов, частотность, униграмм, цифровой портрет текста, классификатор, обучение, распознавания, группы языков, оценка эффективности, тестирование классификатора.*

Введение

Состояние работ по применение различных классификаторов, прежде всего методов нейронных сетей и машины опорных векторов, подробно описано в монографии [5]. В настоящей работе на примере модельной случайно сформированной коллекции из 26 произведений на 13 славянских языках (по 2 произведения от каждого языка) решаются две задачи:

– путем подбора вещественного параметра γ настроить так называемый γ-классификатор, по возможности, для безошибочного распознавания принадлежности текстов соответствующей одной из трёх групп языков;

– для трёх дополнительных случайно выбранных произведений, принадлежащих различным группам, проверить правильность работы настроенного классификатора.

Решение задач основано на применении γ-классификатора – математической триады, первым компонентом которой является цифровой портрет (ЦП) текста – распределение в тексте частотности буквенных униграмм; вторым компонентом служит формула для вычисления расстояний между ЦП текстов и третьим – алгоритм машинного обучения, реализующий гипотезу “однородности” произведений, принадлежащих одной группе языков, и “неоднородности” произведений, принадлежащих разным группам языков. Настройка алгоритма, использующего таблицу парных расстояний между всеми произведениями модельной коллекции, заключалась в определении полуинтервала значений вещественного параметра γ, на которых минимизируется ошибка нарушения гипотезы “однородности”. Обученный на текстах модельной коллекции γ-классификатор тестируется на предмет правильного отнесения случайного текста группе “однородных” с ним произведений.

Прежде чем переходить к изучению задач, напомним основные понятия, связанные с компонентами триады.

1. Модельная коллекция текстов

Модельная коллекция текстов С, собранная случайным образом, представляет три группы славянских языков, причём от каждого языка по два произведения. В приводимом далее списке элементов коллекции С указываются имя автора, название его сочинения на родном языке и в скобках – используемый алфавит, аббревиатура сочинения и его размеры в количестве слов:

а) в восточнославянской группе

на белорусском языке:

Л.Станислав "Салярыс, часть 1" (кир., be_1, 8497 слов);
С.Давидович (Be): "Дзед-кіёк" (кир., be_2, 1935 слов);
на русском языке:
М.А.Шолохов (Ru): "Судьба человека" (кир., ru_1, 10891 слов);
Ф.А.Абрамов (Ru): "Алька" (кир., ru_2, 15668 слов);
на украинском языке:
В.Л.Кашин "Готується вбивство" (кир., uk1, 23771 слов);
М.Циба (Uk): "Акванавти, або Золота жила" (кир., uk_2, 20150 слов);

б) в западнославянской группе

на польском языке:

R.M.Wegner "Jeszcze może załopotać, часть 1" (лат., pl1, 10601 слов);
R.M.Wegner "Jeszcze może załopotać, часть 2" (лат., pl2, 9670 слов);

на чешском языке:

S.Lem "K Mrakům Magellanovým" (лат., cs1, 17552 слов);
B.S.R.Jordan "Bouře přichází" (лат., cs2, 17439 слов);

на словацком языке:

I.A.Jefremov "Na hranici Oekumeny" (лат., sv1, 13534 слов);
J.Jesenský "Demokrati" (лат., sv2, 17113 слов);

на кашубском языке:

D.Pioch "Biuletin Radzëznë Kaszëbsczégò Jãzëka" (лат., ks1, 12070 слов);
E.Breza "Prymas z Kaszub" (лат., ks2, 16871 слов);

в) в южнославянской группе:

на болгарском языке:
Н.Райнов "Неволя и богатство" (кир., bo1, 2565 слов);
Б.Джим (Bo): "Фурията на принцепса, глава 1" (кир., bo_2, 2491 слов);

на боснийском языке:

И.Асимов "Немезис" (кир., bs1, 20035 слов);
Д.Вейнс "Mjesečev mољац" (кир., bs2, 10443 слов);

на сербском языке:

А.Кларк “Напеви далеке Земље” (кир., se1, 11129 слов);
Р.Л.Стивенсон “Црна стрела” (кир., se2, 15028 слов);

на словенском языке:

M.Hudnik “Kakor Kartagina” (лат., sl1, 14626 слов);
I.Koprivec “Josip Vidmar v oиeh svojih sodobnikov” (лат., sl2, 16985 слов);

на македонском языке:

В.Тоциновски “Кочо Рацин - наша творечка и етичка мерка” (кир., mk1, 9047 слов);
Г.Прличев “Сердарот” (кир., mk2, 9478 слов);

на хорватском языке:

I.M.Andrić “Pročitani Pisci (Eseji i prikazi)” (лат., xr1, 26221 слов);
M.Lovrak “Vlak U Snijegu” (лат., xr2, 10522 слов).

2. Цифровой портрет произведений

В качестве элементов количественного образа произведений нами используются буквенные униграммы. Поскольку для славянских языков нет единого буквенного алфавита (в указанном списке 14 произведений на основе кириллического алфавита и 12 – на основе латинского), мы осуществляем предобработку алфавитов таким образом, чтобы выделить в них унифицированный набор символов. Среди 14 аналогов кириллических алфавитов общими оказались 26 букв: – “а, б, в, г, д, е, ж, з, и, й, к, л, м, н, о, п, р, с, т, у, ф, х, ч, ш, ю, я”; между тем для 12 аналогов латинского алфавита – тоже 26 букв, но уже следующие “a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z”. Из этих двух алфавитов был сформирован искусственный общий для всех текстов алфавит из 22 символов “a, b, c, d, e, f, g, i, j, k, l, m, n, o, p, r, t, u, v, x, y, z“, учитывающих сходных по написанию и по звучанию символы.

Теперь, когда хотя бы формально, все тексты описываются одним и тем же набором из 22 латинских символов, введем следующее

Определение 1. Цифровым портретом (ЦП) какого-либо текста Т на славянском языке будем называть распределение в нём частотности упомянутых 22 латинских символов.

ЦП текста Т записывается в табличном виде:

N : 1 2 … 22

P : p_1 p_2 … p_{22} ,

в котором первая строка – номера символов, расположенных в алфавитном порядке, а вторая – относительные частоты встречаемости символов в тексте Т, причём $\sum_{k=1}^{22} p_k = 1.$

Цифровой портрет представляется также в виде дискретной функции

$$F(s) = \sum_{k=1}^{s} p_k \quad (s = 1,...,22). \tag{1}$$

3. Расстояния между цифровыми портретами текстов

Пусть T_1, T_2 – произвольная пара текстов из С, характеризуемых на основе единого символьного алфавита, и

$$F^{(\alpha)}(s) = \sum_{k=1}^{s} p_k^{(\alpha)} \tag{2}$$

соответствующие им ЦП, представленные дискретными функциями, $\alpha = 1,2,$ и $(s = 1,...,22)$.

Определение 2. Расстоянием между текстами T_1 и T_2 называется положительное число $\rho(T_1, T_2)$, определяемое формулой

$$\rho(T_1, T_2) = \sqrt{\frac{22}{2}} \max_s \left| F^{(1)}(s) - F^{(2)}(s) \right| \tag{3}$$

4. Гипотеза Н “однородности” произведений

Она привлекается для того чтобы выделить характерную особенность текстов, предназначенную для построения математической модели распознавания однородных групп произведений. Её мы формулируем в следующем виде.

ГИПОТЕЗА Н. Любая пара произведений из одной и той же группы славянских языков “однородна”, а из разных групп “не однородна”.

Говоря об “однородности” произведений (текстов), мы имеем в виду их похожесть, одинаковость, сходность, однотипность, родственность и т.п.

5. Математическая модель Н-гипотезы

Пусть γ – некоторое положительное число.

Определение 3. Тексты T_1, T_2 называются γ-однородными (принадлежащими одной и той же группе славянских языков), если

$$\rho(T_1, T_2) \le \gamma, \tag{4}$$

и γ-неоднородными (принадлежащими разным группам славянских языков), если

$$\rho(T_1, T_2) > \gamma. \tag{5}$$

Неравенства (4) и (5) являются математической интерпретацией (моделью) гипотезы Н.

Определение 4. γ – классификатор – это зависящий от одного вещественного параметра γ алгоритм принятия решения об отнесении

пары текстов T_1 и T_2 к одной или двум разным группам славянским языкам.

Очевидно, что от значения γ зависит однородность или неоднородность любой пары текстов, следовательно, и степень выполнимости гипотезы. Принадлежность двух текстов одной группе языков в рамках математической модели означает справедливость неравенства (4), а двум разным группам – справедливость неравенства (5). Гипотеза H может нарушаться для каких-то пар текстов одной и той же группе языков в случае, когда вместо неравенства (4) имеет место неравенство (5), а также в случае, когда какие-то два текста из разных групп удовлетворяют неравенству (4) вместо того, чтобы выполнялось неравенство (5).

Пусть $\tau = \tau(\gamma)$ – суммарное количество нарушений гипотезы H одновременно в двух случаях: невыполнения неравенства "однородности" в случае двух текстов, принадлежащих одной группе, и невыполнения неравенства "неоднородности" в случае двух текстов, принадлежащих разным группам. Тогда для фиксированного γ показатель выполнения гипотезы будем определять величиной π, задаваемой формулой

$$\pi = 1 - \tau(\gamma) / L, \qquad (6)$$

где L – число взаимных расстояний между всеми парами текстов из коллекции C (в нашем случае $L = C_{26}^2 = 325$). Из этой формулы следует, что π может принимать значения из отрезка [0, 1], причём π = 0, если $\tau = L(= 325)$, и π = 1, если τ = 0. В первом случае гипотезу H следует признать непригодной, а во втором – полностью согласованной с обучающей выборкой.

В связи с тем, что эффективность γ-классификатора зависит от значения параметра γ, представляет интерес найти такое его значение, при котором π принимает максимальное значение. Именно в этом и заключается суть настройки γ-классификатора на данных обучающей выборки. Если такая настройка будет приемлемой, то можно говорить о решении задачи обучения γ-классификатора и его предрасположенности к распознаванию принадлежности пары произведений одной или же различным группам. Алгоритм настройки классификатора приведен в [6].

6. Предварительные результаты

Предварительные результаты на примере модельной коллекции C приведены далее путём последовательного выполнения следующих операций:

– вычисления цифровых портретов (частотности букв 22 общих латинских символов) для всех 26 произведений модельной коллекции С;

– вычисления по формулам (1), (2) и (3) 325 парных расстояний $\rho(T_1, T_2)$ между произведениями коллекции С (результаты расчетов приведены в последующей таблице):

Таблица 1

Расстояния между текстами коллекции С

Тексты		Восточнославянская подгруппа						Западнославянская подгруппа							Южнославянская подгруппа										
		be1	be2	ru1	ru2	uk1	uk2	pl1	pl2	cs1	cs2	sv1	sv2	ks1	ks2	bo1	bo2	bs1	bs2	se1	se2	sl1	sl2	mk1	mk2	xr1	xr2
Вост.	be1																										
	be2	0.13																									
	ru1	0.36	0.45																								
	ru2	0.37	0.35	0.09																							
	uk1	0.39	0.51	0.17	0.25																						
	uk2	0.36	0.47	0.13	0.21	0.04																					
Запад.	pl1	0.36	0.39	0.29	0.27	0.26	0.24																				
	pl2	0.33	0.36	0.28	0.26	0.28	0.25	0.03																			
	cs1	0.40	0.43	0.15	0.14	0.24	0.21	0.25	0.27																		
	cs2	0.34	0.37	0.13	0.12	0.27	0.24	0.21	0.23	0.06																	
	sv1	0.30	0.33	0.15	0.13	0.28	0.25	0.22	0.22	0.11	0.07																
	sv2	0.29	0.32	0.14	0.07	0.30	0.26	0.24	0.23	0.13	0.09	0.05															
	ks1	0.37	0.40	0.31	0.29	0.30	0.26	0.11	0.09	0.25	0.23	0.20	0.22														
	ks2	0.37	0.40	0.25	0.23	0.28	0.24	0.04	0.04	0.25	0.22	0.18	0.20	0.09													
Южн.	bo1	0.20	0.27	0.28	0.22	0.36	0.33	0.35	0.34	0.35	0.31	0.24	0.23	0.34	0.31												
	bo2	0.20	0.29	0.23	0.17	0.32	0.28	0.31	0.30	0.30	0.26	0.18	0.18	0.30	0.26	0.13											
	bs1	0.22	0.28	0.30	0.24	0.37	0.34	0.37	0.36	0.37	0.33	0.26	0.25	0.39	0.33	0.09	0.11										
	bs2	0.27	0.34	0.25	0.10	0.32	0.28	0.36	0.35	0.32	0.28	0.21	0.20	0.37	0.32	0.11	0.09	0.10									
	se1	0.23	0.30	0.27	0.21	0.35	0.31	0.36	0.35	0.34	0.30	0.22	0.22	0.38	0.32	0.09	0.09	0.05	0.05								
	se2	0.27	0.32	0.30	0.24	0.37	0.34	0.35	0.34	0.37	0.33	0.26	0.25	0.37	0.31	0.11	0.09	0.06	0.06	0.05							
	sl1	0.30	0.38	0.31	0.25	0.27	0.26	0.36	0.35	0.33	0.30	0.25	0.23	0.36	0.32	0.14	0.14	0.10	0.11	0.09	0.11						
	sl2	0.35	0.43	0.29	0.23	0.27	0.26	0.31	0.30	0.31	0.28	0.23	0.21	0.33	0.27	0.18	0.17	0.15	0.10	0.14	0.16	0.05					
	mk1	0.22	0.31	0.23	0.17	0.30	0.27	0.35	0.34	0.30	0.26	0.20	0.18	0.35	0.31	0.21	0.08	0.17	0.13	0.14	0.17	0.20	0.19				
	mk2	0.16	0.23	0.29	0.23	0.40	0.36	0.37	0.36	0.36	0.32	0.25	0.24	0.39	0.33	0.09	0.09	0.06	0.11	0.08	0.12	0.15	0.20	0.13			
	xr1	0.31	0.39	0.35	0.29	0.30	0.27	0.36	0.35	0.37	0.33	0.28	0.27	0.38	0.32	0.14	0.13	0.15	0.12	0.12	0.15	0.07	0.05	0.20	0.17		
	xr2	0.24	0.29	0.40	0.33	0.35	0.32	0.38	0.37	0.41	0.38	0.33	0.31	0.40	0.34	0.12	0.18	0.14	0.16	0.15	0.12	0.09	0.14	0.20	0.13	0.11	

– вычисление с помощью алгоритма настройки γ-классификатора [6] оптимального интервала значений γ, для которого величина $\tau = \tau(\gamma)$ суммарного числа случаев нарушения гипотезы H достигает минимального значения и, следовательно, величина π показателя выполнения гипотезы H принимает максимальное значения.

На данных таблицы 1 вычислен оптимальный полуинтервал значений γ

$$\gamma^{onm} \in [0.2142;\ 0.2160)$$

В соответствии с определением 3 это значит, что если расстояние $\rho(T_1, T_2)$ между двумя текстами не превосходит значения $\gamma^{onm} < 0.2160$, то пара текстов принадлежат одной и той же группе языков; если же $\rho(T_1, T_2)$ превосходит 0.2160, то принадлежат разным языкам.

Минимальное число нарушений оказалось равным $\tau = 45$. В таблице 1 ячейки нарушения гипотезы (4) “однородности” отмечены слабо серым цветом, а гипотезы (5) “неоднородности” серым цветом.

Теперь остается вычислить эффективность π классификатора по формуле (6):

$$\pi = 1 - \tau(\gamma^{onm}) / L = 0.86$$

7. Тестирование классификатора

После того как за счёт выбора оптимального значения γ произошла настройка классификатора и был отработан алгоритм, который в 86 случаях из 100 правильно соотносил элементы модельной коллекции к соответственной группе славянских языков, возникает естественный вопрос, а каковы будут результаты раскладки уже других славянских текстов, не входящих в коллекцию, по тем же самым трем языковым группам.

Для тестирования классификатора выбраны случайным образом 3 текста:

на украинском языке (Uk) – В.П.Бережной "Homo Novus" (кир., Text_Uk, 5768 слов);
на польском языке (Pl) – A.Szklarski "Tomek wśród łowców głów" (лат.,Text_Pl, 13635 слов);
на болгарском языке (Bo) – А.Каралийчев "Гулчечек" (кир., Text_Bo, 2436 слов).

Для каждого произведения так же, как это было сделано для всех текстов модельной коллекции, построены ЦП на основе единого набора из 22 латинских символах. После чего по формуле (3) вычислены расстояния до всех 26 элементов модельной коллекции. Результаты показаны в таблице.

Таблица 2

Расстояния между текстами коллекции С и тремя случайно выбранными произведениями

Тексты		**Text_Uk**	**Text_Pl**	**Text_Bo**
Восточная группа	be1	0.3421	0.3432	0.2031
	be2	0.4490	0.3742	0.2926
	ru1	0.1034	0.2699	0.2131
	ru2	0.1896	0.2517	0.1515
	uk1	0.0714	0.2398	0.3297
	uk2	0.0511	0.2190	0.2912
Западная группа	pl1	0.1612	0.1916	0.2013
	pl2	0.1791	0.2030	0.1836
	cs1	0.1856	0.2070	0.2844
	cs2	0.2125	0.1745	0.2445
	sv1	0.2238	0.2010	0.2090
	sv2	0.2391	0.2162	0.1619
	ks1	0.2347	0.1271	0.3233
	ks2	0.2158	0.0862	0.2946

Окончание таблицы 2

Тексты		Text_Uk	Text_Pl	Text_Bo
Южная группа	bo1	0.3014	0.3389	0.1064
	bo2	0.2578	0.2901	0.0510
	bs1	0.3165	0.3521	0.1331
	bs2	0.2560	0.3386	0.1035
	se1	0.2918	0.3407	0.1115
	se2	0.3129	0.3303	0.1086
	sl1	0.2192	0.3418	0.1403
	sl2	0.2049	0.2971	0.1822
	mk1	0.2458	0.3232	0.1206
	mk2	0.3350	0.3500	0.0936
	xr1	0.2441	0.3419	0.1533
	xr2	0.2921	0.3661	0.2013

В ячейках таблицы, на пересечении столбцов и строк, приводятся значения расстояний между текстами. В первых трех столбцах ближайшими соседями текстов Text_Uk, Text_Pl и Text_Bo являются соответственно uk2, ks2 и bo2 на расстояниях соответственно 0.0511, 0.0862 и 0.0510 (в таблице отмечены серым цветом). Полученный результат показывает, что по методу ближайшего соседа три случайно выбранных произведения распределяются как раз по тем группам языков, которым они сами принадлежат.

Заключение

Итак, γ-классификатор с фиксированным значением $\gamma = \gamma^{опт}$ на случайных выборках текстов с цифровыми портретами на основе частотности 22 латинских символов подтвердил 86%-ную статистическую способность к распознаванию групп произведений на славянских языках. В свою очередь, метод ближайшего соседа показал возможность безошибочного распределения дополнительных славянских произведений по восточной, западной и южной группам славянских языков.

Список литературы

1. Russell D., Gray and Quentin D. Atkinson. Language-tree divergence times support the Anatolian theory of Indo-European origin // Nature: журнал. – Великобритания: Nature Publishing Group, 2003. – Т.426. –№6965. – С. 435-439.

2. Chang, W. «Ancestry-constrained phylogenetic analysis supports the Indo-European steppe hypothesis (= Филогенетический анализ,

связанный с предками, подтверждает гипотезу индоевропейских степей)» Language / W. Chang, Ch. Cathcart, D. Hall, A. Garrett // Volume 91. – Number 1. –March 2015. – P. 194-244 (Article). Published by Linguistic Society of America.

3. Kassian A., Dybo A. Supplementary Information 2: Linguistics: Datasets; Methods; Results (в статье Kushniarevich A., Utevska O., Chuhryaeva M., Agdzhoyan A., Dibirova K., Uktveryte I. et al. (2015) Genetic Heritage of the Balto-Slavic Speaking Populations: A Synthesis of Autosomal, Mitochondrial and Y-Chromosomal Data. PLoS ONE 10(9): e0135820. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135820).

4. Генеалогическое дерево славянских языков – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://900igr.net/kartinka/biologija/tema-proiskhozhdenie-jazykov-127785/5.-genealogicheskoe-drevo-slavjanskikh-jazykov-2.html

5. Романов, А.С. Разработка и исследование математических моделей, методик и программных средств информационных процессов при идентификации автора текста / А.С. Романов, А.А. Шелупанов, Р. В. Мещеряков // В-Спектр: Томск, – 2011. – 188 с.

6. Усманов, З.Д. Алгоритм настройки кластеризатора дискретных случайных величин / З.Д. Усманов // ДАН РТ. – 2017. – Т.60. – № 9. – С. 392-397.

О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина

А. А. Кретов kretov@rgph.vsu.ru[1]
М. В. Половинкина polovinkina-marina@yandex.ru[2]
И. П. Половинкин polovinkin@yandex.ru[1,3]
Н. А. Касымова kasymova.natasha@mail.ru[1]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий
[3] Белгородский государственный национальный исследовательский университет (БелГУ)

Аннотация. *В работе описываются возможности измерения таких характеристик авторских корпусов текстов, как предельный размер словаря писателя и фрактальная размерность его метакниги. Рассматривается проблема практического расчета фрактальной размерности. Приводятся результаты расчетов для метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина.*

Ключевые слова: *закон Хипса, самоподобие, фрактальность языка, фрактальная размерность.*

Введение

Во многих сферах научных исследований может быть применен аппарат нелинейной динамики. В частности, это можно сказать о принципе самоподобия и понятии фрактала. Можно сказать, что понятие фрактала в математике и физике закрепилось устойчиво. В других областях обнаружение эффектов самоподобия и возможность использования инструментов фрактальной теории достаточно разрозненны, хотя база выявленных фактов достаточно обширна. Мы предлагаем рассмотреть некоторые из достижений современной лингвистики с точки зрения теории фракталов. Фрактальные (рекурсивно-самоподобные) проявления в языке были замечены в лингвистических исследованиях (см., например, [1-4]). В основном речь идет о фиксации и словесном описании самоподобия в языке. Однако есть все основания рассматривать количественные характеристики фрактальности текстов.

© Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Касымова Н. А., 2022

1. Фрактальная размерность текста метакниги и способ ее оценки

В работе [5] предлагается уточнение закона Хипса (со ссылкой на [6]), согласно которому количество различных, уникальных слов, лемм (N), как функция от общего количества слов (словоупотреблений) в метакниге (M), имеет степенной порядок роста $\Theta\left(M^{\alpha}\right)$, где $\alpha \in (0,1)$. Далее предлагается рассматривать закон Хипса не как асимптотическую оценку, а как точную формулу с переменным показателем α и переписать его в виде.

$$\alpha = \alpha(M) = \ln N / \ln M. \qquad (1)$$

Это является основанием обратиться к аппарату, развитому в теории фракталов. В книге [7] описан следующий поход к понятию фрактальной размерности. Введем в пространстве R^d совокупность конгруэнтных «атомарных» множеств, имеющих топологическую размерность d. Это множество либо d-мерных шаров, либо d-мерных кубов. Для определенности будем считать, что это шары. Пусть фрактальный объект находится в пространстве R^d. Зафиксируем достаточно малый радиус $l > 0$. Покроем целиком фрактальный объект шарами радиуса l. Предположим, что для этого потребовалось как минимум $N = N(l)$ шаров. Число

$$\alpha_0 = -\lim_{l \to 0}(\ln N / \ln l) = \lim_{l \to 0}(\ln N / \ln(1/l)) \qquad (2)$$

называется фрактальной размерностью рассматриваемого объекта.

В форме (2) это определение едва ли подойдет для характеристики текста, поскольку мы не можем устремлять к нулю размер атомарного множества, которым естественно считать слово (словоупотребление). Придется его немного изменить с целью приспособить к нашим нуждам.

В обозначениях [5] положим

$$l = 1/M. \qquad (3)$$

Можно интерпретировать равенство (3) следующим образом. Считая словоупотребление «атомарным кирпичиком» для рассматриваемого текста, мы определяем его размер, соизмеряя этот «кирпичик» с самим же текстом, так как, собственно, его больше нечем измерить. Иными словами, за размер «атома» мы принимаем долю, занимаемую им в целом. Под мощностью же покрытия текста мы понимаем количество уникальных слов (лемм), словоупотребления которых составили весь текст. Далее по определению положим $\alpha_0 = -\lim_{l \to 0}(\ln N / \ln l) = \lim_{M \to +\infty}(\ln N / \ln M) = \lim_{M \to +\infty} \alpha(M)$, а число α_0, определенное формулой (4), назовем фрактальной размерностью текста.

Практическое вычисление числа по формуле (4), конечно, невозможно. В формуле (4) предполагается, что объем текста M, понимаемый как количество словоупотреблений в нем, может принимать сколь угодно большие значения. Если речь идет о тексте некоторого произведения, то, разумеется, это не так. Авторы работы [5] вводят понятие метакниги писателя как объединения всех текстов, написанных этим писателем. Если писатель достаточно плодовит, то такая концепция позволяет считать, что $M \to +\infty$, хотя при практическом вычислении все равно приходится ограничиваться имеющейся длиной метакниги для вычисления приближенного значения α_0.

Нижняя оценка фрактальной размерности метакниги может быть получена из следующих соображений. На основе эмпирических данных произведем аппроксимацию функции, выражающей зависимость величины словаря от величины метакниги. Пользуясь полученной зависимостью, с помощью экстраполяции определим такую величину метакниги, при превышении которой приращение величины словаря будет пренебрежимо мало. Найдем соответствующий предельный объем словаря и вычислим величину (1) для найденных значений.

Немного видоизмененный подход может состоять в следующем. Обратимся к важной характеристике мета-книги, называемой "коэффициентом лексического разнообразия" (КЛР, англ. lexical diversity, LD) – количественная характеристика текста, отражающая степень богатства словаря при построении текста заданной длины. В самом простом варианте LD вычисляется как отношение числа отдельных лексических единиц словаря (лемм, англ. types) к количеству их употреблений в тексте (словоформ, «текстовых слов», англ. tokens) (type/token ratio). Для такого способа вычисления принято обозначение TTR. TTR предположительно был введен в научный обиход в 1957 году в работе специалиста по лингводидактике М. Темплина (см., напр., [8]). Вычисление LD в виде TTR подвергается критике за то, что при этом "не учитывается влияние длины текста", поскольку при увеличении длины текста величина словаря растет медленнее, а значит TTR будет уменьшаться и стремиться к нулю. Однако для наших целей именно это качество TTR полезно. Можно считать предельным размером словаря такое значение этого размера, при котором КЛР становится пренебрежимо малым. В связи с этим требуется уточнить, что понимается под "малостью" как приращения словаря, так и КЛР. Здесь возникает и проблема увязать это понятие малости с выбором модели тренда и как следствие – способа экстраполяции тренда.

2. Верхняя оценка фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина

В качестве примера применения изложенных выше соображений мы рассмотрели 20 произведений М.Е. Салтыкова-Щедрина разного объема, охватывающие более-менее равномерно отрезок времени в 20 лет. При этом сознательно брались тексты разного размера, чтобы иметь дело с наиболее сложным случаем прироста новых слов. Нам пришлось совершить 19 шагов, на каждом из которых метакнига наращивалась посредством конкатенации текста очередного произведения, вычислялся ее текущий размер, равный количеству словоупотреблений, а также осуществлялись лемматизация, соответствующее наращивание словаря и вычисление его текущего размера. Лемматизация осуществлялась с помощью размещенного в свободном доступе морфологического анализатора русского языка MyStem, разработанного Ильей Сегаловичем в компании "Яндекс". На основе расчетов, произведенных с этим корпусом текстов (метакнигой), мы пришли к верхней оценке фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина, равной 0,74307.

3. Предельный размер словаря и нижняя оценка фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина

Для верхней оценки нам понадобились лишь конечные значения размера метакниги и размера словаря. Для нижней оценки понадобилась фиксация всех промежуточных пар значений после каждой конкатенации. Эти данные приведены в табл. 1.

В табл. 1 – текущее значение размера словаря; – приращение словаря, то есть количество новых уникальных слов при присоединении очередного текста к метакниге; – текущее значение размера метакниги; – приращение размера метакниги, то есть количество словоупотреблений в присоединяемом к метакниге тексте; – текущее значение TTR (КЛР).

Возникает естественный вопрос об адекватном моделировании тренда изменения КЛР с увеличением корпуса произведений писателя. Выбор средств моделирования, как известно, зависит от целей моделирования. В нашем случае этой целью является определение предельного размера словаря. Здесь возникает еще одна задача: указать формализованные признаки достижения предельного размера словаря. В качестве таковых можно предложить близость к нулю приращения словаря при включении в корпус текста очередного произведения или близость к нулю КЛР.

Таблица 1

Прирост новых слов и покрываемого ими текста

Год	Текст	ΔM	ΔN	КумM	Кум N	Кум N/M Y_{TTR}
1857	Губернские очерки	144531	13124	144531	13124	0,091
1862	Сатиры в прозе	47017	7569	191548	15746	0,082
1863	Невинные рассказы	30252	5439	221800	16875	0,076
1870	История одного города	58424	10172	280224	21013	0,075
1872	Дневник провинциала в Петербурге	95263	10329	375487	23879	0,064
1873	В больнице для умалишенных	20814	4245	396301	24482	0,062
1873	Господа ташкентцы	96683	10960	492984	26753	0,054
1873	Современная идиллия	96524	11234	589508	28996	0,049
1874	Помпадуры и помпадурши	83689	9718	673197	30217	0,045
1874	Тихое пристанище	25850	5012	699047	30632	0,044
1876	Благонамеренные речи	165706	14520	864753	33268	0,038
1878	В среде умеренности и аккуратности	205115	14740	1069868	35553	0,033
1879	Убежище Монрепо	50227	7406	1120095	36141	0,032
1880	Господа Головлевы	90792	9947	1210887	37179	0,031
1881	За рубежом	81823	10066	1292710	38248	0,030
1882	Письма к тетеньке	76159	9271	1368869	39012	0,028
1886	Недоконченные речи	48004	7264	1416873	39531	0,028
1886	Сказки	81254	10091	1498127	40467	0,027
1887	Мелочи жизни	107365	11385	1605492	41450	0,026
1889	Пошехонская старина. Начало	74711	9761	1680203	42256	0,025

Совершенно ясно, что величина КРЛ должна стремиться к нулю при неограниченном увеличении корпуса, но принимать нулевое значение не может, поскольку величина размера словаря всегда положительна. В связи с этим требуется уточнить, что понимается под «малостью» как

приращения словаря, так и КЛР. Здесь возникает и проблема увязать это понятие малости с выбором модели тренда и как следствие способа экстраполяции тренда.

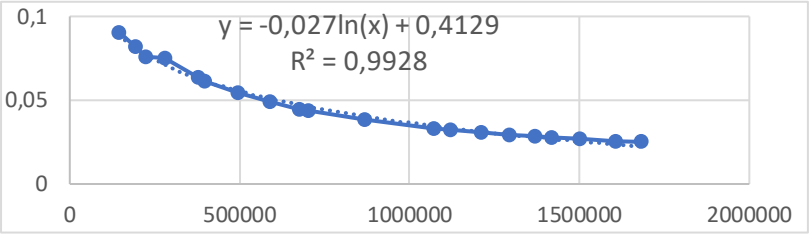


Рис. 1. Динамика КЛР в корпусе художественной прозы М. Е. Салтыкова-Щедрина при присоединении к корпусу новых произведений

Имеются многочисленные попытки построения эмпирических формул для выражения зависимости объема словаря от объема текста, как и зависимости КРЛ от объема текста. Наиболее подходящей в агрегированном смысле считается аппроксимация по степенному закону Ципфа, известному также как закон «аллометрического» или «постоянного относительного роста»:

$$\text{КЛР} = C\,x^{\gamma}$$

где $\gamma < 0$, $x-$ накопленный размер текста корпуса. При таком моделировании тренда мы, конечно, не получим нулевого значения КЛР, что соответствует реальности. Поэтому мы можем считать, что рост словаря пренебрежимо мал, когда КЛР пренебрежимо мал. Что это означает, подчеркиваем, подлежит уточнению. Кроме проблемы уточнения «малости» есть еще одна проблема. Согласно Ю.А. Тулдаве [9, с. 99] при больших размерах текста прогнозирование тренда КЛР с помощью закона Ципфа дает значительные погрешности (завышенные оценки).

Мы предлагаем несколько иной путь. Выберем в качестве линии тренда логарифмическую зависимость (см. рис. 1). Более точно, мы выбираем логарифмические и постоянные функции в качестве базисных, а функцию зависимости КЛР от объема текста ищем в виде линейной комбинации базисных функций. Коэффициент правдоподобия в таком случае тоже очень высок. Зато такая функция имеет нуль. Значение размера текста при этом мы можем считать соответствующим предельному размеру словаря. Приравняем нулю функцию тренда и решим уравнение

$$0{,}4129 - 0{,}027 \ln M = 0$$

Пусть M_0 – корень этого уравнения. Легко видеть, что

$$\ln M_0 = 0{,}4129 / 0{,}027 \approx 15{,}29259,$$

$$M_0 \approx e^{15{,}29259} \approx 4380146$$

Итак, исходя из выбранного способа моделирования, мы заключаем, что размер текста корпуса, при котором достигается предельный размер словаря М.Е. Салтыкова-Щедрина, составляет 4 380146 слов. Ясно, что это некоторая приближенная оценка.

4. Результаты и их обсуждение

Теперь мы должны найти предельный размер словаря. Пойдем тем же путем. В качестве линии тренда выберем логарифмическую зависимость (см. рис. 2) и приравняем нулю функцию тренда. Пусть N_0 – корень уравнения

$$0.6654 - 0.06 \ln N = 0$$

Тогда, очевидно,

$$\ln M_0 = 0{,}6654 / 0{,}06 \approx 11{,}09, M_0 \approx e^{11{,}09} \approx 65512$$

Итак, оценка предельного размера словаря М.Е. Салтыкова-Щедрина (с необходимым замечанием об учете выбранного метода моделирования) составляет «прогнозно» 65512 слов.

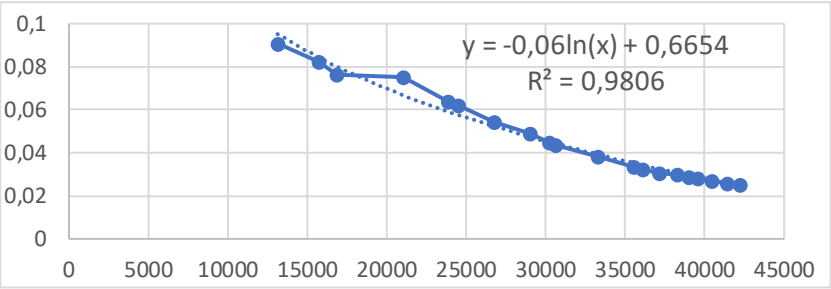


Рис. 2. Зависимость КЛР от размера словаря М.Е. Салтыкова-Щедрина

Есть еще одна проблема – проблема проверки достоверности полученных прогнозов. Классический способ сравнения приближенного решения с точным решением или с экспериментальными данными применен быть не может по причине отсутствия таковых. Здесь нам доступны лишь косвенные способы проверки.



Рис. 3. Зависимость размера словаря от размера корпуса текстов М.Е. Салтыкова-Щедрина

Попробуем вновь воспользоваться вариантом закона Ципфа, но теперь для описания зависимости размера словаря от размера текста:

$$N = A\,M^{\beta},$$

где N – размер словаря, M – размер текста, $0 < \beta < 1$. По данным табл. устанавливается степенная зависимость вида (см. рис. 4):

$$N = 73.265\,M^{0.4459}$$

Подставив в эту формулу значение $M_0 \approx e^{15.29259} \approx 4380146$, мы получим значение 67 040 слов как оценку для предельного размера словаря. Это значение отличается от полученного ранее как нуля логарифмической функции тренда КЛР. Однако относительная погрешность составляет

$$\frac{67040 - 65512}{65512} \times 100\% \approx 2.33\%$$

что, на наш взгляд, вполне приемлемо. Осталось только принять окончательное решение о прогнозе предельного размера словаря и размера соответствующего размера корпуса.

Произведя традиционные округления, приходим к следующим прогнозам:

– предельный размер словаря М.Е. Салтыкова-Щедрина находится в промежутке 65.512 – 67.040 слов,

– размер текста, при котором достигается предельный размер словаря М.Е. Салтыкова-Щедрина, составляет 4.380.146 слов.

Теперь мы можем вычислить нижнюю оценку фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина:

$$\alpha_0 \approx \frac{\ln 65512}{\ln 4380146} \approx 0.725188$$

Таким образом, фрактальная размерность метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина, составленной из его 20 произведений, может быть заключена в промежуток [0,725188; 0,74308].

Отметим, что ранее примененный здесь метод использован в [10].

Список литературы

1. Кретов А.А. Основы лексико-семантической прогностики. Монография / А.А. Кретов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – 404 с. [«Библиотека лингвистической прогностики». Том 1.]
2. Кретов А.А. Русское слово как самоподобная рекурсивная структура / А. А. Кретов, И. Е.Воронина // Лингвистика на исходе XX века: итоги и перспективы: сб. науч. труд. – М.: Филология, 1995. – Т. I. – С. 269-271.
3. Кретов А.А. Фрактальность в русском языке / А. А. Кретов // Русское национальное сознание в его языковом воплощении: прошлое, настоящее, будущее. XXX Распоповские чтения: материалы Международной конференции, Воронеж, 2-4 марта 2012 г. / [под ред. Л.М. Кольцовой]; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012, С.138-147.
4. Петряков Л.Д. Методологические перспективы фрактальной семантики / Л. Д. Петряков // Известия вузов. Серия «Гуманитарные науки». – 2017. – 8 (2) – С. 148–153.
5. Bernhardsson S. The meta book and size-dependent properties of written language / S. Bernhardsson, L. E. Correa da Rocha, P. Minnhagen // New Journal of Physics. – 2009. – 11. – 123015 (15pp). Online at http://www.njp.org/ doi:10.1088/1367-2630/11/12/123015
6. Heaps H. S. Information Retrieval: Computational and Theoretical Aspects / H. S. Heaps – New York: Academic Press, 1978.
7. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W.H. Freeman, 1982. – 468 p.
8. Torruella J. and Capsada R Lexical Statistics and Tipological Structures: A Measure of Lexical Richness / J. Torruella, R. Capsada // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2013. – 95. – pp. 447–54.
9. Тулдава Ю.А. Проблемы и методы квантитативно-системного исследования лексики / Ю.А. Тулдава. -— Таллин: Валгус, 1987. – 204 с.
10. Kretov A. A., Polovinkina M. V., Polovinkin I. P. and Lometc M. V. On some concepts of nonlinear dynamics suitable for use in linguistics 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1902 doi:10.1088/1742-6596/1902/1/012075

Анализ методов машинного обучения на примере задачи многоклассовой классификации текста

М. В. Лаптев, email: mv@paq.su

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Аннотация. *В работе рассматривается задача многоклассовой классификации текстов с большим количеством (около 350) несбалансированных классов на примере категоризации продуктов по их названию и описанию. Исследуются различные методы предобработки данных (лемматизация, стемминг) и модели представления (TF-IDF, GloVe, BERT). Лучшие результаты получены с использованием модели BERT: macro F1-score = 0.8512, weighted F1-score = 0.9360.*

Ключевые слова: *Многоклассовая классификация, машинное обучение, обработка естественного языка, TF-IDF, GloVe, BERT*

Введение

В машинном обучении многоклассовая классификация – это задача отнесения объектов к одному из трех или более классов [1]. В настоящее время многоклассовая классификация широко применяется во многих сферах, например, в задачах медицинской диагностики или классификации документов. В последние годы в обработке естественного языка произошел прорыв – появление нейросетевой архитектуры Transformer [2], а также модели BERT [3] и ее модификаций значительно улучшило результаты в задачах обработки естественного языка. Однако эти модели, как правило, тестировались на задачах с относительно небольшим количеством классов, соответственно, целью данной работы является сравнение результатов современных нейросетевых моделей и других подходов на примере решения реальной задачи многоклассовой классификации товаров по их названию и описанию с большим количеством (около 350) несбалансированных классов.

Работа имеет следующую структуру. Сначала рассматривается анализ и предобработка данных. Затем описываются подходы, основанные на частоте встречающихся в описании слов (TF-IDF) [4] и на преобразовании слов в векторное пространство (GloVe) [5]. Также обсуждается модель BERT и её модификации. В последнем разделе представлены заключительные результаты рассмотренных подходов и сделаны итоговые выводы.

© Лаптев М. В., 2022

1. Анализ и предобработка данных

В работе исследуется набор данных с описаниями товаров для животных[7], состоящий из 35749 записей и 349 различных классов. На рис. 1 показан пример информации о товаре, состоящий из наименования, описания и категории.

Название продукта	*Описание продукта*	*Категория продукта*
Blue Buffalo Life Protection Formula Adult Chicken & Brown Rice Recipe Dry Dog Food By Blue Buffalo	Blue Buffalo Life Protection Formula was created for the holistic health and well-being of adult dogs. All formulas start with real meat, whole grains, garden veggies and fruit, plus added LifeSource Bits, a precise blend of nutrients that have been enhanced with a Super 7 package of antioxidant-rich ingredients. This Adult Chicken & Brown Rice Recipe features delicious, protein-rich deboned chicken and other natural ingredients for a healthy meal your dog will love.	Dog, Food, Dry food

Рис. 1. Пример информации о товаре

После проверки на пропущенные значения и дубликаты, а также последующего удаления таковых записей, осталось 35330 записей. На рис. 2 показано распределение количества записей по классам в порядке убывания, что наглядно демонстрирует несбалансированность классов.

Для последующих преобразований название продукта и его описание конкатенируются. С целью придания названию большего веса, оно дублируется. Знаки препинания, цифры и других неинформативные символы удаляются при помощи регулярных выражений – остаются только слова, приведенные к нижнему регистру.

После этого, используя библиотеку NLTK [6], к тексту применяются раздельно *лемматизация* и *стемминг*, а затем для получившихся трех вариантов текста (третий вариант – оставить текст как есть) производится *токенизация* текста по словам. *Лемматизация* – это процесс приведения словоформы к лемме – её нормальной форме [7]. Например, “better” → “good”. *Стемминг* – это процесс нахождения основы слова для заданного исходного слова [8]. Например, “playing” → “play”. *Токенизация* по словам – это процесс разделения предложений на слова-компоненты [4]. Таким образом, после процесса токенизации имеются три варианта

[7] Набор данных предоставлен компанией S3 Stores, Inc. (https://www.s3stores.com).

текстовых описаний, наиболее подходящее из них будет выбираться экспериментально.

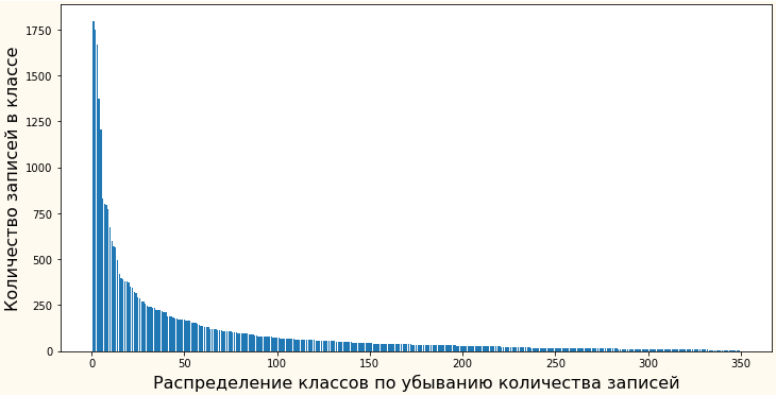


Рис. 2. Распределение классов по убыванию количества записей

В заключение этапа анализа и предобработки данных необходимо выбрать метрику качества для оценки результатов работы классификаторов. В качестве метрики была выбрана F1-мера, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$F = \frac{2 \cdot (P \cdot R)}{P + R}, \quad (1)$$

где P – *точность (precision)* в пределах класса – это доля документов, действительно принадлежащих данному классу, относительно всех документов, отнесенных к данному классу. R – *полнота (recall)* – доля найденных классификатором документов, принадлежащих классу, относительно всех документов этого класса в выборке [4]. Так как задача многоклассовая с несбалансированными классами, то будут использоваться две метрики: F1-macro (далее обозначается F_m) – вычисляет F1-меру для каждого класса, а потом возвращает среднее арифметическое по всем классам, F1-weighted (далее обозначается F_w) – вычисляет F1-меру для каждого класса, а потом возвращает среднее арифметическое по всем классам с учетом доли объектов каждого класса в наборе данных. Разница между этими метриками будет показывать, насколько хорошо распознаются классы с небольшим количеством объектов.

2. TF-IDF

TF-IDF (term frequency – inverse document frequency) – это статистическая мера для оценки важности слова в документе, являющимся частью текстового корпуса [4]. В большом текстовом корпусе некоторые слова будут присутствовать очень часто (“the”, “a”, “is”), неся при этом очень мало значимой информации о фактическом содержании документа. Если передать результаты прямого подсчета частоты слов классификатору, эти слова отодвигали бы на второй план частоты более редких, но более информативных терминов. Чтобы избежать этого, используют удаление *стоп-слов* и преобразование TF-IDF. *Стоп-слова* – это такие слова, как “and”, “the”, “him”, которые считаются неинформативными при представлении содержания текста, и которые могут быть удалены, чтобы не истолковывать их как сигнал для предсказания [4].

TF означает частоту термина, то есть количество раз, когда термин встречается в данном документе, а TF-IDF означает частоту термина, умноженную на обратную частоту документа [4]:

$$\text{tfidf}(t,d) = \text{tf}(t,d) \cdot \text{idf}(t), \tag{2}$$

где t – термин, d – документ. В используемой в задаче библиотеке scikit-learn [4] IDF вычисляется следующим образом:

$$\text{idf}(t) = \log\frac{1+n}{1+df(t)} + 1, \tag{3}$$

где n – общее число документов в текстовом корпусе, а $df(t)$ – количество документов в текстовом корпусе, содержащих термин t. Полученные векторы TF-IDF затем нормализуются евклидовой нормой:

$$v_{norm} = \frac{v}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}} \tag{4}$$

Далее, создавая TF-IDF матрицы из трех вариантов моделей представления текста и удаляя стоп-слова на основе списка стоп-слов библиотеки scikit-learn, проверяются результаты на наиболее быстрых классификаторах при использовании пятикратной перекрестной проверки с сохранением распределения по классам [4]. В табл. 1 указаны результаты классификации.

В данном случае в каждой из созданных TF-IDF матриц на каждый пример приходится не менее 25000 признаков. Учитывая большой размер признакового пространства, целесообразно сократить признаковое пространство, стараясь отобрать наиболее полезные признаки.

Таблица 1

Классификация разных типов текстового описания

Модели представления текста	Logistic Regression		SVC		KNN	
	F_m	F_w	F_m	F_w	F_m	F_w
TF-IDF	0.4998	0.8032	0.7462	0.8978	0.5823	0.7314
TF-IDF с лемматизацией	0.5016	0.8050	0.7462	0.8989	0.5859	0.7376
TF-IDF со стеммингом	0.5025	0.8061	0.7476	0.8974	0.5870	0.7362

Результат будем оценивать на SVC, так как он показал себя предварительно лучше других. Стандартный метод в TF-IDF подходе – частотный фильтр, отсеивающий слова, встречающиеся в текстовом корпусе менее заданного количества раз, на этапе построения TF-IDF матрицы. Сократим размерность признакового пространства до 10000. В табл. 2 указаны результаты классификации с использованием частотного фильтра.

Таблица 2

Результаты классификации с использованием частотного фильтра

Типы текстового описания	**SVC**	
	F_m	**F_w**
TF-IDF	0.7454	0.8968
TF-IDF с лемматизацией	0.7437	0.8961
TF-IDF со стеммингом	0.7466	0.8971

Таким образом, стемминг проявил себя лучше всего при использовании отбора признаков по сравнению с другими типами текстового описания. Рассмотрим другие методы отбора признаков на основе стемминга и SVC, а именно VarianceThreshold, χ^2 и Recursive feature elimination (RFE). VarianceThreshold – это метод, удаляющие признаки, имеющие дисперсию ниже заданного порога, таким образом, стараясь оставить наиболее значимые признаки [4]. χ^2 – метод, измеряющий зависимость между стохастическими переменными и в результате отсеивающий те признаки, которые с наибольшей вероятностью будут независимы от класса [4]. Recursive feature elimination (RFE) – метод, выбирающий наиболее важные признаки путем рекурсивного рассмотрения все меньших и меньших наборов признаков [4]. Процедура рекурсивно повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто заданное количество признаков. Для корректного сравнения

методов отбора признаков будем каждым методом пытаться сократить размерность признакового пространства до 10000. В табл. 3 указаны результаты классификации с использованием указанных методов отбора признаков в сравнении с примененным ранее частотным фильтром.

Таблица 3

Результаты классификации с использованием различных методов отбора признаков

Методы отбора признаков	TF-IDF со стеммингом + SVC	
	F_m	F_w
Частотный фильтр	0.7466	0.8971
VarianceThreshold	0.7449	0.8966
χ^2	0.7445	0.8958
RFE	0.7476	0.8979

Таким образом, RFE – оказался лучшим методом по отбору признаков в условиях данной задачи. Теперь протестируем конечную матрицу TF-IDF на различных классификаторах [4]. В табл. 4 указаны результаты классификации для конечной матрицы TF-IDF.

Таблица 4

Результаты классификации для конечной матрицы TF-IDF

Результаты классификации для конечной матрицы TF-IDFМетоды классификации	TF-IDF со стеммингом + RFE	
	F_m	F_w
LogisticRegression	0.5039	0.8056
SVC	0.7476	0.8979
KNN	0.5521	0.7227
DecisionTreeClassifier	0.6209	0.8177
RandomForestClassifier	0.6622	0.8447
AdaBoostClassifier	0.6636	0.8394
MLPClassifier	0.8146	0.9149

Таким образом, MLPClassifier [4] показал лучший результат в TF-IDF подходе, получив F1-macro = 0.8146 и F1-weighted = 0.9149.

3. GloVe

GloVe – это метод основанный на векторном представлении слов [5]. Идея таких подходов основана на дистрибутивной гипотезе, состоящей в том, что смысл слова заключается в том, среди каких слово оно чаще всего встречается [5]. Таким образом, при обучении модели формируются векторы для каждого слова так, что если семантические векторы двух слов «близки» друг к другу, то скорее всего эти векторы принадлежат

словам, близким по смыслу в человеческом понимании [9]. На практике для классификации текстов зачастую используют усреднение всех векторов текста и классифицируют полученный усредненный вектор.

Для рассматриваемой задачи используем предобученную на текстовом корпусе Википедии модель из 400000 слов с векторами размера 300 [5]. Получим векторы для слов в трех используемых типах текстового описания и усредним их, чтобы получить векторное представление документов. Проверим получившиеся данные на SVC и MLPClassifier, как на наиболее хорошо работающих классификаторах в условиях данной задачи. В табл. 5 указаны результаты классификации при помощи пятикратной перекрестной проверки с сохранением распределения по классам на указанных классификаторах.

Таблица 5

Результаты классификации векторных представлений текстов

Типы текстового описания	SVC		MLPClassifier	
	F_m	F_w	F_m	F_w
Текст без изменений	0.6910	0.8519	0.6866	0.8442
Текст со стеммингом	0.6823	0.8420	0.6778	0.8335
Текст с лемматизацией	0.6848	0.8488	0.6802	0.8424

Таким образом, в данном подходе лучше себя проявил вариант текста без изменений. Так как максимальный размер вектора равен 300, то в попытке увеличить его был рассмотрен вариант разделения названия продукта и описания, чтобы по отдельности получить усредненные векторы названия продукта и описания, а затем конкатенировать их в вектор размера 600. В табл. 6 указаны результаты классификации данного подхода с использованием неизмененного текста.

Таблица 6

Результаты классификации конкатенированного векторного представления названия и описания на неизмененном тексте

Тип текстового описания	SVC		MLPClassifier	
	F_m	F_w	F_m	F_w
Текст без изменений	0.7471	0.8811	0.7396	0.8762

Таким образом, результат улучшился, но все равно оказался хуже, чем в подходе TF-IDF.

4. BERT и модификации

BERT – это нейронная сеть от Google на основе архитектуры Transformer [2]. BERT был предварительно обучен на огромном корпусе из более чем 2.5 миллиардов слов. В отличие от рассмотренных ранее подходов BERT представляет собой контекстно-зависимую модель. Это

означает, что, например, слово «банка», которое может иметь совершенно разные значения («вышел из банка», «банка огурцов»), рассмотренные ранее методы идентифицируют единственным способом, а BERT и её модификации сгенерирует представление слова в зависимости от окружающих слов, т.е. от контекста.

Рассмотрим четыре модели: Bert-base-uncased, Roberta-base, Deberta-base – модификация BERT от Microsoft и Bert-large [10]. Исследуем случай подачи текста без изменений. В табл. 7 указаны результаты классификации на данных четырех моделях.

Таблица 7

Результаты классификации на BERT и его модификациях

Модели BERT	Текст без изменений	
	F_m	F_w
Bert-base-uncased	0.8380	0.9323
Roberta-base	0.8355	0.9258
Deberta-base	0.8275	0.9213
Bert-large	0.8512	0.9360

5. Сравнение результатов рассмотренных подходов

Подводя итоги, сравним лучшие результаты каждого из подходов. В табл. 8 указаны лучшие результаты классификации в каждом из трех подходов.

Таблица 8

Итоговые результаты классификации

Подходы	Предобработанный текст	
	F_m	F_w
TF-IDF	0.8146	0.9149
GloVe	0.7471	0.8811
BERT	0.8512	0.9360

Таким образом, модель Bert-large показала лучший результат, и кроме того, каждая рассмотренная модификация BERT превзошла лучшие результаты, полученные в других подходах.

Заключение

В ходе работы была рассмотрена задача многоклассовой классификации текстов с большим количеством (около 350) несбалансированных классов на примере задачи категоризации продуктов по их названию и описанию. Также были проанализированы и опробованы на практике различные методы предобработки данных

(лемматизация, стемминг) и модели представления (TF-IDF, GloVe, BERT). По итогу проделанной работы лучшие результаты были получены с использованием модели BERT: macro F1-score = 0.8512, weighted F1-score = 0.9360, что подтверждает на практике эффективность модели BERT в задачах с большим количеством несбалансированных классов.

Список литературы

1. A. Mohamed: Survey on Multiclass Classification Methods // Technical Report, Caltech – November 2005
2. A. Vaswani: Attention Is All You Need // Computer Science – 2017
3. J. Devlin: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Computer Science – 2018
4. Scikit-learn [Электронный ресурс]: Сайт, посвященный машинному обучению на Python – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable
5. https://nlp.stanford.edu [Электронный ресурс]: Сайт, посвященный обработке естественного языка / Стенфордский университет – Режим доступа: https://nlp.stanford.edu/projects/glove/
6. https://www.nltk.org/ [Электронный ресурс]: Сайт, посвященный обработке естественного языка – Режим доступа: https://www.nltk.org/
7. J. Plisson, N. Lavrac, D. Mladenić: A Rule based Approach to Word Lemmatization // In the Proceeding of the SiKDD at multiconference IS. – Slovenia, 2004
8. I. Smirnov: Overview of stemming algorithms // Mechanical Translation. – 2008
9. J. Pennington: Global Vectors for Word Representation // Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP) – Qatar, 2014 – P. 1532-1543.
10. Huggingface [Электронный ресурс]: Сайт, посвященный машинному обучению – Режим доступа: https://huggingface.co/models

Применение BERT для классификации сообщений в службу поддержки SAP

С. С. Масленникова, email: sveta.maslennikova@gmail.com
В. В. Коротков, email: chasecrunk@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматривается применение нейросетевой языковой модели BERT для решения задачи классификации сообщений на русском языке. Проводится сравнительный анализ эффективности нескольких основных реализаций модели на примере классификации запросов, поступающих в русскоязычную службу поддержки SAP.*

Ключевые слова: *BERT, Transformer, классификация, машинное обучение, обработка естественного языка.*

Введение

SAP SE – это немецкая компания, производящая программное обеспечение по управлению такими внутренними процессами предприятия, как бухгалтерский учет, производство, финансы, торговля, планирование, управление складскими запасами и человеческим капиталом и т.д. Самым известным продуктом компании является SAP R/3 – ERP-система, ориентированная на крупные и средние предприятия. В связи с ее популярностью в России региональная служба поддержки пользователей SAP вынуждена обрабатывать большое число поступающих запросов. Для оптимизации этого процесса может быть использован подход автоматической классификации сообщений с целью их перенаправления профильным специалистам. Это бы в значительной степени сократило среднее время обработки запроса пользователя.

Для решения задач обработки естественного языка успешно применяются различные нейросетевые модели, среди которых одной из самых перспективных является нейронная сеть BERT от корпорации Google [1]. Она использует векторные представления слов, в которые вставляются специальные последовательности символов – токены. В основе BERT лежит архитектура Transformer. Обученная на больших объёмах данных модель способна понимать связь между фразами и предложениями текста. Затем ее возможно дообучить на размеченных данных, специфичных для необходимой задачи. Добавлением слоев для

© Масленникова С.С., Коротков В.В., 2022

классификации может быть получен эффективный инструмент автоматической категоризации текстов [2].

1. Анализ данных

Перед применением моделей машинного обучения следует ознакомиться с исходными данными. Часто это помогает глубже понять задачу и улучшить качество модели.

В данном исследовании использовался датасет обращений в службу поддержку SAP, содержащий две колонки: сообщение и категорию, к которой оно относится. Всего набор содержит 15449 записей и 77 разных категорий. В среднем на каждый класс приходится 200 сообщений. На рис. 1 представлено распределение записей по категориям. По горизонтальной оси отложены категории, по вертикальной оси – количество сообщений, относящихся к этому классу.

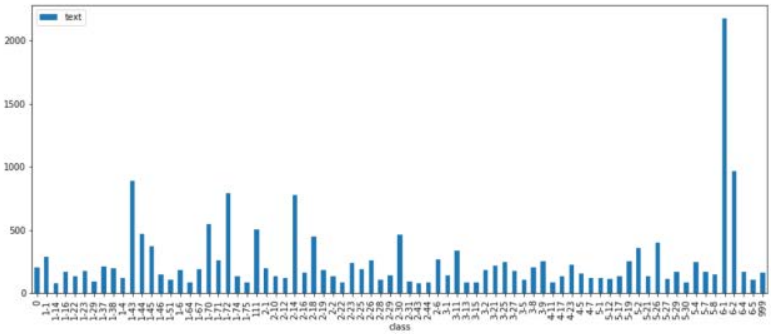


Рис. 1. Распределение сообщений по категориям

Из графика видно, что набор данных не сбалансирован – в каждой категории представлено разное число объектов с сильным разбросом по количеству сообщений. Очевидно, что при распознавании сообщений, относящихся к категориям с малым количеством данных, могут возникать трудности.

2. Анализ реализаций BERT на русском языке

В данной работе использовалась библиотека на языке Python под названием Transformers [3]. Она содержит множество предобученных моделей для различных задач, в том числе для классификации текстов.

Для сравнительного тестирования были отобраны несколько моделей, обученных на данных разного размера. Приведём их основные характеристики.

– Bert-base-multilingual-cased. Полноценная нейронная сеть BERT, обученная на большом корпусе текстов из Википедии и поддерживающая 104 языка, включая русский. Модель можно использовать как для извлечения признаков, так и для решения каких-либо задач. Также эта модель чувствительна к регистру слов [4].

– DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence. Модель, основанная на BERT и обученная специально для русского языка. Может взаимодействовать с предложениями и чувствительна к регистру [5].

– Sentence-transformers/LaBSE. Модель, основанная на векторном представлении предложений и BERT от TensorFlow. Поддерживает 109 языков, включая русский [6].

– Sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru. Реализация BERT, обученная на расширенном наборе данных, предназначена для получения векторных представлений предложений. Модель не чувствительна к регистру [7].

3. Валидация результатов

Исходный набор данных необходимо разделить на обучающую и валидационную выборку. В данном исследовании разбиение производилось таким образом, чтобы сохранить исходное соотношение категорий, наблюдавшееся в изначальном наборе данных. 90% выборки было отнесено к обучающему набору, а 10% – к валидационному.

В силу несбалансированности исходных данных использование доли правильных результатов (accuracy) в качестве метрики эффективности модели может дать необъективный результат, поэтому для этой цели применялась так называемая F_1-мера (f1-score) [8]. Она представляет собой среднее гармоническое точности и полноты:

$$\mathrm{F1} = 2\frac{\mathrm{Precision}^* \mathrm{Recall}}{\mathrm{Precision}+ \mathrm{Recall}} \quad (1)$$

$$\mathrm{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\mathrm{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

Точность (2) – это доля меток, действительно принадлежащих этому классу, ко всем меткам, которые модель посчитала принадлежащими к данному классу, а полнота (3) – это доля объектов, определенных как принадлежащие к данному классу, ко всем объектам этого класса из выборки. F_1-мера хороша тем, что близка к 1, когда точность и полнота близки к единице, и близка к 0, если один из аргументов близок к нулю.

Т.к. рассматривается задача многоклассовой классификации, итоговая метрика складывается на основе метрик отдельных классов:

$$F1_{class1} * W_1 + F1_{class2} * W_2 + ... + F1_{classN} * W_N \quad (4)$$

Здесь W_i – нормированное количество меток, действительно принадлежащих i-тому классу. (5)

$$F1_{class1} + F1_{class2} + ... + F1_{classN}$$

4. Подготовка данных и обучение сети

Первый этап подготовки данных – преобразование меток классов. В исходном наборе они представлены строками, поэтому необходимо заменить их числовыми значениями.

Второй этап – разбиение датасета на обучающий и валидационный. Размер валидационного набора данных составил 10% от данных для обучения. Из-за небольшого объема данных в ряде категорий модели увеличение размеров валидационной выборки привело бы к снижению эффективности распознавания.

Третий этап – создание векторных представлений сообщений и добавление токенов. Как было сказано ранее, BERT использует векторное представление текста, в которое вставлены специальные последовательности символов. Для подготовки данных использовался класс BertTokenizer из библиотеки Transformers.

Четвертый этап – выбор алгоритма оптимизации, используемого при обучении нейронной сети, и создание соответствующего объекта. В данной работе в качестве такового применялся алгоритм Adam [9].

Пятый этап – установка random seed для воспроизводимости результатов. Если пропустить этот этап, то каждый раз результат будет случайным, так как алгоритмы глубокого обучения имеют стохастическую природу.

Шестой этап – загрузка подготовленной модели и ее дообучение. Обучение модели происходит за 4 эпохи: так как набор данных небольшой, при большем количестве эпох модель может переобучиться, а при меньшем можно не увидеть динамики обучения. После каждой эпохи модель сохраняется, чтобы была возможность проанализировать результаты, полученные на разных эпохах.

5. Анализ результатов

Результаты тестирования каждой модели представлены в табл. 1-4. Указаны значения основных метрик на каждой из четырех эпох.

Видно, что после четвертой эпохи модель переобучается. Лучшие результаты были получены на четвертой эпохе, f_1-score составил 0.756.

Таблица 1

Bert-base-multilingual-cased

Эпоха	Training loss	Validation loss	F_1 Score
1	2.71157	1.78050	0.53735
2	1.45097	1.25363	0.67771
3	1.01519	1.14616	0.70543
4	0.95474	1.05798	0.75609

Таблица 2

DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence

Эпоха	Training loss	Validation loss	F1 Score
1	2.51496	1.60243	0.57140
2	1.25237	1.11871	0.71879
3	0.75998	1.04339	0.75325
4	0.51782	1.04175	0.78429

Видно, что после второй эпохи модель переобучается. Лучшие результаты были получены на второй эпохе, f_1-score составил 0.718.

Таблица 3

Sentence-transformers/LaBSE

Эпоха	Training loss	Validation loss	F_1 Score
1	2.09881	1.18195	0.69625
2	0.92560	0.87460	0.77579
3	0.64006	0.90777	0.79061
4	0.48680	0.97134	0.79374

Видно, что после второй эпохи модель переобучается. Лучшие результаты были получены на второй эпохе, f_1-score составил 0.775.

Таблица 4

Sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru

Эпоха	Training loss	Validation loss	F_1 Score
1	2.12313	1.13220	0.71142
2	0.82872	0.92813	0.78970
3	0.43810	0.87423	0.79303
4	0.25218	0.82134	0.80885

Видно, что после второй эпохи модель переобучается. Лучшие результаты были получены на второй эпохе, f_1-score составил 0.789.

Сводные результаты моделей вынесены в табл. 5. Как видно, лучше всего с задачей справилась реализация BERT, предобученная на расширенном наборе данных. Благодаря расширенному набору данных

модели было проще выделить закономерности, характерные для конкретной задачи.

Таблица 5

Анализ результатов моделей

Модель	F_1 Score
bert-base-multilingual-cased	0.75609
DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence	0.71879
sentence-transformers/LaBSE	0.77579
sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru	0.78970

Заключение

Таким образом, было рассмотрено несколько разных реализаций модели BERT, способных работать с русским языком. Они были дообучены и протестированы на задаче классификации текстов. Модель на основе Sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru показала лучший результат и может быть использована в дальнейшем для решения задачи классификации сообщений, поступающих в службу поддержки SAP. Подход, описанный в статье, также может быть использован для решения схожих задач.

Список литературы

1. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding [Электронный ресурс] : архив. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1810.04805

2. Sun, C. How to Fine-Tune BERT for Text Classification? / C. Sun [et al.] // The proceedings of the 18th China National Conference on Computational Linguistics (Kunming, October 18–20, 2019). – Kunming, 2019. – P. 194-206.

3. Библиотека transformers [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://huggingface.co/docs/transformers/index

4. Документация модели bert-base-multilingual-cased [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://huggingface.co/bert-base-multilingual-cased

5. Документация модели DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа : https://huggingface.co/DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence

6. Документация модели sentence-transformers/LaBSE [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа: https://huggingface.co/sentence-transformers/LaBSE

7. Документация модели sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа: https://huggingface.co/sberbank-ai/sbert_large_nlu_ru

8. Tharwat, A. Classification assessment methods / A. Tharwat // Applied Computing and Informatics. – 2021. – Vol. 17 – P. 168-192.

9. Kingma, D. P. Adam: A Method for Stochastic Optimization / D. P. Kingma, J. Ba // 3rd International Conference on Learning Representations (San Diego, May 7-9, 2015). – San Diego, 2015.

Перенос авторского стиля текста на основе модифицированного tf-idf взвешивания слов

С. В. Мохнаткин, email: mokhnatkin.sv@gmail.com [8]

[1] Вятский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается модель для переноса авторского стиля русскоязычных текстов. Для решения задачи переноса авторского стиля был собран текстовый корпус из произведений десяти авторов XIX века. Для определения важности слов авторского стиля использована модифицированная модель tf-idf взвешивания. Для поиска близких по смыслу слов применяются векторные представления word2vec. Результаты тестирования показали, что предложенная модель работоспособна и позволяет определять наиболее характерные для автора слова и использовать их для переноса авторского стиля текста.*

Ключевые слова: *Перенос стиля текста, авторский стиль, взвешивание слов, векторные представления, word2vec, tf-idf.*

Введение

Перенос стиля текста (англ. text style transfer) – это важная и сложная задача в области обработки естественного языка. В работе [1] приведены следующие примеры использования переноса стиля текста: персонализированные диалоговые системы, генерация новостных заголовков, машинный перевод в определенном стиле, анонимизация автора текста. В работе [11] представлен интеллектуальный текстовый редактор, позволяющий менять стиль текста.

Для английского языка существует множество работ по данному направлению [1, 2], однако для русского языка существует лишь одно исследование [3], в котором рассмотрены методы детоксификации (замены оскорбительных слов) русскоязычных текстов с использованием больших языковых моделей.

Перенос авторского стиля также был исследован в работах [4, 12] только для англоязычных текстов, например с использованием корпуса [5] переводов текстов У. Шекспира на современный английский.

Таким образом, настоящая работа является первым исследованием методов переноса авторского стиля текста для русского языка.

Вклад настоящего исследования заключается в следующем:

© Мохнаткин С.В., 2022

– предложен метод взвешивания важности слов для стиля автора, основанный на модификации модели tf-idf [8];

– разработана модель для применения к тексту стиля заданного автора, основанная на поиске семантически близких слов с помощью модели word2vec [6];

– приведены результаты работы модели с использованием корпуса русской литературы XIX века, включающего произведения десяти авторов.

1. Постановка задачи

Рассмотрим формальное описание задачи переноса стиля текста. В работе [3] стилем считается характеристика корпуса, отдельная от текстов, представленная множеством категориальных значений (меток), например: {*позитивный, негативный*}, {*формальный, неформальный*}, {*стиль автора 1, стиль автора 2, ...}* и т. д. Эта характеристика может быть измерена функцией (например классификатором), получающей текст и возвращающей метку стиля. В настоящей работе рассматриваются авторские стили текстов.

Пусть даны два текстовых корпуса:

$$D^X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}, \quad (1)$$

$$D^Y = \{y_1, y_2, ..., y_n\}, \quad (2)$$

имеющие отличные друг от друга стили s^X и s^Y, где x_i и y_i – предложения. Задача состоит в построении модели

$$f : X \to Y, \quad (3)$$

где X и Y – все возможные предложения, имеющие, соответственно, стили s^X и s^Y. Результатом применения модели для предложения x_i является предложение y_i', сгенерированное моделью и имеющее смысловое содержание предложения x_i и стиль s^Y.

При оценке качества переноса стиля учитываются следующие характеристики предложения y_i':

2. Соответствие целевому стилю s^Y.
3. Соответствие смысловому содержанию исходного предложения x_i.
4. Естественность языка.

2. Описание корпуса

В рамках исследования был подготовлен корпус русской литературы XIX века, включающий 260 757 предложений, взятых из произведений 10 различных авторов. Предложения, входящие в корпус, отбирались из исходных текстов произведений по диапазону длины от 40 до 170 символов (промежуток выбран исходя из распределения длин предложений в корпусе, а также просмотра структуры предложений различной длины), после предварительной обработки (удаление примечаний редакции, удаление выражений на иностранных языках и чисел, удаление тегов разметки, отделение знаков препинания пробелами, удаление прочих шумовых символов, разделение предложений по знаку препинания «.»). В табл. 3 указаны авторы, присутствующие в корпусе, а также количество предложений для каждого автора.

Таблица 1

Авторы текстов, присутствующих в корпусе

Автор	**Количество предложений**	**Доля от общего количества, %**
А. П. Чехов	15 310	5,9
Ф. М. Достоевский	54 177	20,8
Н. В. Гоголь	13 262	5,1
И. А. Гончаров	37 878	14,5
Н. С. Лесков	37 575	14,4
А. Н. Островский	19 202	7,4
А. С. Пушкин	6 836	2,6
М. Е. Салтыков-Щедрин	24 382	9,4
Л. Н. Толстой	41 469	15,9
И. С. Тургенев	16 666	6,4
Всего	260 757	

3. Взвешивание слов

Работа предлагаемой модели делится на два этапа. На первом этапе определяются наиболее характерные для каждого автора слова. На втором этапе полученные слова используются для замены семантически близких слов из исходного предложения.

Для определения наиболее характерных для автора слов использована модифицированная модель tf-idf взвешивания [8].

В подготовленном корпусе тексты автора (далее авторский корпус, D^Y), стиль которого нужно применить к некоторому предложению,

отделяются от остальных текстов, которые при этом объединяются в один общий корпус (далее общий корпус, D^X). Затем составляются словари общего (далее V^X) и авторского (далее V^Y) корпусов – множества уникальных слов, содержащихся, соответственно, в общем и авторском корпусах. Для того, чтобы учесть все формы слов при вычислении весов, слова в корпусе были приведены к нижнему регистру, а также в нормальную форму с помощью парсера pymorphy2 [9].

В стандартной формулировке tf-idf частота слова tf рассчитывается в рамках одного предложения (документа) и только для слов этого предложения [8]. Для того, чтобы подсчитать веса для всего словаря корпуса, в данной работе tf рассчитывается суммарно для всех предложений в корпусе и для каждого слова из словаря. Кроме того, для приведения весов tf и idf к одному порядку от tf взят логарифм. Также особенность предложенной модификации заключается в том, что веса рассчитываются только для словаря авторского корпуса, при этом tf рассчитывается по авторскому корпусу, а idf – по общему корпусу.

idf для слов из словаря V^Y вычисляется по следующей формуле:

$$\text{idf}(t^Y, D^X) = \log \frac{|D^X| + 1}{|\{d_i^X \in D^X \mid t^Y \in d_i^X\}| + 1} + 1, \quad (4)$$

где t^Y – слово из словаря V^Y, d_i^X – документ общего корпуса, в котором встретился t^Y.

tf для слов из словаря V^Y вычисляется по следующей формуле:

$$tf(t^Y, D^Y) = \log(N(t^Y, D^Y)) + 1, \quad (5)$$

где $N(t^Y, D^Y)$ – количество вхождений слова t^Y в D^Y.

Таким образом, idf максимизирует вес слов, которые редко встречаются в D^X, а tf максимизирует вес слов, которые часто встречаются в D^Y. Произведение tf и idf позволяет определить какие слова наиболее свойственны для выбранного автора, так как такие слова будут иметь наибольший вес.

В табл. 2 приведены топ-20 слов по убыванию весов tf-idf для четырех авторов.

Таблица 2

Топ-20 слов по весам tf-idf

Н. В. Гоголь	**А. С. Пушкин**	**Л. Н. Толстой**	**И. А. Гончаров**
чичиков	пугачёв	левин	обломов
козак	дубровский	нехлюдов	марфинька
запорожец	оренбург	вронский	райский
акакий	германн	кить	тарантьев
ноздрево	мятежник	пьер	адуев
ковалёв	ибрагим	кутузов	фрегат
акакиевич	яицкий	денисов	японец
манилов	михельсон	долли	марк
андрий	швабрин	ростов	леонтий
собакевич	кузмич	анатоль	штольц
бульб	кирилович	маслов	якут
остап	оренбургский	долох	викентьев
селифан	бибиков	ростовый	посьета
костанжочь	кирил	болконский	адмирал
козацкий	савельич	элен	фаддеев
кошев	сильвио	аркадьич	едо
оксана	комендант	дутлов	Кичиб
парубок	кирджать	свияжский	колония
козаков	самозванец	катюша	савич
платонов	троекур	балашева	бен

4. Реализация модели

В предлагаемой модели переноса авторского стиля предусмотрено определение слов, близких по значению, так как модель должна сохранять смысл исходного предложения. Для этого на подготовленном текстовом корпусе была обучена модель word2vec [6] в реализации Gensim [7], позволяющая искать близкие по смыслу слова на основе их векторных представлений.

Рассмотрим алгоритм работы модели:

1. На вход модели поступает исходное предложение.
2. В предложении каждое слово рассматривается отдельно.
3. Для текущего слова находим N близких слов с помощью word2vec (в экспериментах N было установлено равным 5).

4. Найденные близкие слова проверяем на соответствие следующим условиям: слово есть в авторском корпусе; части речи совпадают; нормальные формы не совпадают; вес tf-idf не меньше, чем у исходного.

5. Если на предыдущем этапе нашлось несколько подходящих слов, выбираем по наибольшему весу tf-idf. Если не нашлось ни одного слова, оставляем исходное.

5. Результаты

В табл. 3–6 приведены примеры работы модели. В первом столбце указаны номера примеров, во втором столбце – авторы, в третьем столбце – сначала исходное предложение, затем предложение, сгенерированное моделью. Жирным выделены слова, измененные моделью.

Таблица 3

Перенос стиля Достоевский (Д) → Гоголь (Г)

1	**Д**	ведь это вы тогда вошли, а? **мать** ее просто **смешная** светская старушонка
	Г	ведь это вы тогда вошли, а? **старуха** ее просто **странная** светская старушонка
2	**Д**	но **девок** всего пришло только три, да и **марьи** еще не было
	Г	но **баб** всего пришло только три, да и **анны** еще не было
3	**Д**	еще от дворника узнал он, что **петрушка** и не **думал** являться
	Г	еще от дворника узнал он, что **селифан** и не **подумал** являться

Таблица 4

Перенос стиля Достоевский (Д) → Пушкин (П)

4	**Д**	ведь это вы тогда вошли, а? **мать** ее просто **смешная** светская старушонка
	П	ведь это вы тогда вошли, а? **дочь** ее просто **славная** светская старушонка
5	**Д**	но девок всего **пришло** только три, да и марьи еще не было
	П	но девок всего **приходило** только три, да и марьи еще не было
6	**Д**	еще от **дворника** узнал он, что **петрушка** и не **думал** являться
	П	еще от **кабака** узнал он, что **ямщик** и не **чувствовал** являться

Таблица 5

Перенос стиля Достоевский (Д) → Толстой (Т)

7	**Д**	ведь это вы тогда вошли, а? **мать** ее просто **смешная** светская **старушонка**
	Т	ведь это вы тогда вошли, а? **жена** ее просто **гадкая** светская **арестантка**
8	**Д**	но **девок всего пришло** только три, да и **марьи** еще не было
	Т	но **баб служебная приходило** только три, да и **княжны** еще не было
9	**Д**	еще от дворника **узнал** он, что **петрушка** и не **думал являться**
	Т	еще от дворника **увидал** он, что **ямщик** и не **чувствовал подниматься**

Таблица 6

Перенос стиля Достоевский (Д) → Гончаров (Г)

10	**Д**	ведь это вы тогда вошли, а? **мать** ее просто **смешная светская** старушонка
	Г	ведь это вы тогда вошли, а? **старуха** ее просто **испанская пожилая** старушонка
11	**Д**	но **девок** всего пришло только три, да и **марьи** еще не было
	Г	но **баб** всего пришло только три, да и **прасковьи** еще не было
12	**Д**	еще от дворника узнал он, что **петрушка** и не **думал являться**
	Г	еще от дворника узнал он, что **ямщик** и не **подумал ходить**

В примерах 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 модель удачно выполнила замену слов и эти примеры удачно передают стиль автора.

В примере 5 заменено всего одно слово, чего недостаточно для изменения стиля.

В примерах 6 (*не чувствовал являться*), 7 (*жена ее*), 9 (*не чувствовал подниматься*) нарушена естественность языка.

В примерах 6 (*от кабака узнал он*), 8 (*баб служебная приходило*) нарушена естественность языка, а также утерян смысл предложения.

Автоматическое тестирование проводилось при помощи классификатора SVC в реализации Scikit-learn [13]. В качестве обучающих данных выбраны все имеющиеся в корпусе предложения двух авторов – Ф. М. Достоевский и Л. Н. Толстой. В качестве тестовых данных из обучающих данных отделено по одной тысяче предложений

каждого автора. Затем, стиль всех тестовых предложений одного автора изменен на стиль противоположного автора с помощью предлагаемой модели. Для векторизации предложений использована модель tf-idf в реализации Scikit-learn [13]. Доля правильно угаданных меток (accuracy) в результате бинарной классификации составила 58%.

На данный момент согласование форм слова осуществляется посредством обучения word2vec на исходных текстах (без приведения в нормальную форму) и проверки соответствия частей речи при замене. Это приводит к тому, что не всегда соблюдается естественность языка, а также word2vec менее эффективно определяет сходство слов ввиду большого количества словоформ. Данную проблему можно решить обучением word2vec на текстах в нормальной форме и согласованием форм слова с помощью вариаций моделей GPT [10] и BERT [14].

Другая проблема заключается в том, что не всегда достаточно заменить отдельные слова для изменения стиля. В качестве альтернативы можно использовать замену n-грамм.

Также требуется исследовать влияние на качество работы модели других вариантов формул tf и idf и их комбинирования с коэффициентом сходства слов word2vec.

Заключение

В данной работе была рассмотрена модель переноса авторского стиля текста. Для русскоязычных текстов такое исследование проводится впервые. В рамках исследования был подготовлен корпус русской литературы XIX века, предложен метод оценивания значимости авторских слов для формирования стиля, разработана модель переноса стиля и приведены результаты работы модели.

В дальнейших исследованиях должны быть изучены перспективные способы улучшения качества работы модели, а также возможности комбинации предложенных методов с языковыми моделями глубокого обучения.

Список литературы

1. Deep Learning for Text Style Transfer: A Survey / D. Jin [et al.] // Computational Linguistics. – 2021. – P. 1-51.

2. Text Style Transfer: A Review and Experimental Evaluation / Z. Hu [et al.] // arXiv preprint. – 2021. – 45 p. – https://arxiv.org/pdf/2010.12742.pdf

3. Methods for Detoxification of Texts for the Russian Language / D. Dementieva [et al.] // Multimodal Technol. Interact. – 2021. – № 5(9): 54. – 26 p.

4. Shakespearizing Modern Language Using Copy-Enriched Sequence-to-Sequence Models / H. Jhamtani [et al.] // Proceedings of the

Workshop on Stylistic Variation (Copenhagen, Denmark, September 7-11, 2017) – Copenhagen, 2017. – P. 10-19.

5. Paraphrasing for Style / W. Xu [et al.] // Proceedings of COLING 2012: Technical Papers (Mumbai, India, December 2012) – Mumbai, 2012. – P. 2899-2914.

6. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space / T. Mikolov [et al.] // arXiv preprint. – 2013. – 12 p. – https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf

7. Gensim [Электронный ресурс] : библиотека с открытым исходным кодом для неконтролируемого тематического моделирования и обработки естественного языка. – Режим доступа : https://radimrehurek.com/gensim/

8. Д. Маннинг, К. Введение в информационный поиск. Пер. с англ. / К. Д. Маннинг, П. Рагхаван, Х. Шютце. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2011. – 528 с.

9. Pymorphy2 [Электронный ресурс] : морфологический анализатор. – Режим доступа : https://pymorphy2.readthedocs.io/en/stable/

10. Improving Language Understanding by Generative Pre-Training / A. Radford [et al.] // Preprint. – 2018. – 12 p. – https://www.cs.ubc.ca/~amuham01/LING530/papers/radford2018improving.pdf

11. A Recipe For Arbitrary Text Style Transfer with Large Language Models / E. Reif [et al.] // arXiv preprint. – 2021. – 12 p. – https://arxiv.org/pdf/2109.03910.pdf

12. A Probabilistic Formulation Of Unsupervised Text Style Transfer / J. He [et al.] // arXiv preprint. – 2020. – 14 p. – https://arxiv.org/pdf/2002.03912.pdf

13. Scikit-learn [Электронный ресурс] : библиотека машинного обучения для языка программирования Python. – Режим доступа : https://scikit-learn.org/stable/

14. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding / J. Devlin [et al.] // Proceedings of NAACL-HLT 2019 (Minneapolis, Minnesota, June 2-7, 2019) – Minneapolis, 2019. – P. 4171-4186.

Разработка новой функциональности для информационной системы поиска людей по интересам

Н. В. Оверчук, email: nkovrchk@gmail.com[9]

ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет)»

Аннотация. *В работе проведен анализ функциональных возможностей прототипа информационной системы для поиска людей по интересам, описаны существующие проблемы и недостатки решения и предложены идеи для его усовершенствования.*

Ключевые слова: *веб-приложение, алгоритм построения взаимосвязей, распознавание изображений, анализ данных в социальных сетях, поиск по ключевым словам.*

Введение

В современном мире внедрение информационных технологий позволило совершить огромный шаг вперед в развитии общества. С появлением сети Интернет люди получили возможность взаимодействовать на огромных расстояниях друг от друга с помощью персональных компьютеров и мобильных устройств. Для реализации этой возможности появилось множество сервисов и площадок, в частности социальные сети, имеющие множество инструментов для взаимодействия пользователей.

Пытаясь познакомиться с новым человеком в социальной сети, пользователь хотел бы иметь представление об этом человеке: чем он увлекается, какие у него хобби, что его интересует и т. д. Анализ подобной информации позволил бы людям заранее для себя решить, совпадают ли интересы этого человека с интересами пользователя или нет.

Данную проблему частично решают существующие социальные сети и приложения, предназначенные для знакомства с новыми людьми, но данные решения также обладают недостатками, а именно: наличие недостоверной и непроверяемой информации о пользователях, отсутствие или ограниченный набор функциональных возможностей для поиска людей и отсутствие в большинстве сервисов тематической информации (публикаций, аудио и видео материалов, сообществ), которая объединяет пользователей с одинаковыми интересами.

© Оверчук Н. В., 2022

Для решения описанной проблемы был разработан прототип информационной системы (ИС), в которой пользователь может искать других людей по интересам, используя анализ открытых данных и в социальных сетях, который подтвердил возможность улучшения результатов решения задачи поиска людей по интересам.

В настоящий момент ИС обладает только функцией поиска по ключевым словам, но уже положительно зарекомендовала себя в выполнении данной задачи. На основании отзывов пользователей системы были предложены варианты функциональных возможностей, которые необходимо внедрить в систему, чтобы улучшить пользовательский опыт работы и расширить существующие возможности поиска людей по интересам.

1. Анализ функциональных возможностей текущего прототипа

Информационная система «FriendFinder» представляет из себя веб-приложение с клиент-серверной архитектурой, доступ к которому осуществляется через веб-браузер.

На главной странице сервиса пользователю предлагается выполнить авторизацию в социальных сетях для дальнейшей работы. Данное решение избавляет человека от регистрации в сервисе и позволяет использовать существующие данные в социальных сетях, в которых пользователь зарегистрирован. Также это позволяет системе использовать программный интерфейс (далее «API»), предоставляемый социальной сетью, в которой выполнена авторизация.

После этой процедуры пользователь может ввести ключевые слова, по которым система будет выполнять поиск, а также параметры выстраиваемого графа – ширину и глубину. После выбора параметров начинается построение графа потенциальных друзей, представляющий из себя дерево, где корнем является сам пользователь, а узлами – профили социальных сетей, которые находятся среди друзей профилей других вершин графа. В вершинах графа расположены структуры данных, содержащие информацию о профиле анализируемого пользователя и ссылки на связанные вершины. Ширина графа определяет количество детей для каждого узла, а глубина – количество уровней графа. Граф строится до тех пор, пока его размер не будет соответствовать размеру, указанному пользователем на странице приложения.

В процессе построения учитывается вес найденной вершины, основанный на указанных приоритетах поиска. Перед началом построения графа программа предлагает ввести приоритет для ключевых слов, который должен учитываться во время анализа данных – от очень высокого до низкого. Например, если для пользователя приоритетным интересом является робототехника, а наименее приоритетным футбол, то

система при обработке данных будет учитывать в первую очередь информацию, связанную с робототехникой и в последнюю очередь с футболом.

Помимо этого, учитывается уровень вершины, расположенной от корня дерева, так как в реальной жизни о ближайших друзьях или знакомых друзей известно больше разнообразной информации, чем о незнакомых людях, хоть и у которых могут совпадать интересы с пользователем. По этой причине, приоритет при поиске будет отдаваться сначала вершинам графа, имеющих наименьшее количество связей с корнем и дальше по нисходящему приоритету остальным вершинам, расположенным на большем расстоянии.

После построения графа начинается процесс обработки полученных данных путем сопоставления информации в профиле с указанными ключевыми словами [5]. Так, система поддерживает возможность перевода полученного текста из профиля человека с помощью API Яндекса [1] для его дальнейшей обработки. Помимо этого, с помощью компьютерного зрения система определяет тематику опубликованного на странице пользователя изображения и сопоставляет её с введенными интересами.

Однако, объем анализируемых данных пользователя может быть увеличен, чтобы более точно определять интересы человека и сопоставлять их с ключевыми словами. Кроме того, набор функций системы мог бы быть расширен для улучшения упрощения работы пользователя или решения задачи поиска более оптимальным способом. Например, сервис не позволяет сохранять информацию о построенных графах для дальнейшей работы с ними. Из-за этого система при использовании одним и тем же человеком вынуждена выстраивать цепочку из людей каждый раз заново, расходуя ресурсы системы и тратя на это большое количество времени.

Помимо этого, в системе отсутствует визуализация построенного графа, чтобы пользователю демонстрировались результаты работы приложения, и он мог понимать, через какую цепочку людей он связан с найденным человеком.

Также на данный момент в системе анализируются только текстовые и фото публикации пользователя, что не дает возможность полноценно сформировать представление об его интересах.

Для устранения вышеописанных проблем, необходимо решить следующие задачи:

1. Реализовать хранение результатов работы из предыдущих сессий пользователя и визуализацию этих результатов для улучшения пользовательского опыта взаимодействия с системой.

2. Учитывать при построении графа связанных людей предыдущие результаты работы программы с одним и тем же пользователем для ускорения работы системы и улучшения её эффективности.

3. Реализовать сбор и обработку информации из сообществ, в которых состоит пользователь и люди, связанные с пользователем с учетом тематики этих сообществ и публикуемых материалов. Данное решение увеличит набор анализируемых данных и позволит с большей точностью определять интересы человека для дальнейшего сопоставления их по ключевым словам.

2. Описание предлагаемых функциональных возможностей системы поиска

Проанализировав существующую функциональность в системе, предлагается внести изменения в существующие функциональные возможности с целью их улучшения и повышения эффективности работы программы.

Для улучшения поиска необходимо добавить в анализируемую структуру данных информацию о сообществах, на которые подписан человек [4]. Социальные сети как правило позволяют явно указать тематику публикуемого материала и, используя API сервиса [1] можно получить информацию об этой тематике и использовать её для анализа профиля. В данном случае необходимо ограничиться только проверкой тематики сообщества [2], а не всех людей, состоящих в нём, так как обработка такого огромного количества связей для одного из множества людей является задачей, требующей огромных вычислительных мощностей, что негативно сказывается на эффективности работы системы.

Чтобы оптимизировать процесс построения графа взаимосвязанных людей, предлагается сохранять информацию о предыдущем результате работы программы с конкретным пользователем и учитывать её при последующем построении. Так, например, если человек после работы приложения добавил или удалил одно ключевое слово, изменил ширину или глубину графа, то необходимо изначально использовать предыдущий построенный граф и дополнять или уменьшать его в зависимости от указанных параметров. Благодаря этому решению можно оптимизировать алгоритм построения графа, что уменьшит время на выполнение этой задачи.

Помимо совершенствования существующих функций системы, предлагается реализовать новые функциональные возможности, которые позволят решать задачу поиска людей по интересам другими способами или улучшат взаимодействие с системой.

Необходимо внедрить в приложение возможность регистрации и авторизации пользователя для закрепления за ним результатов. В профиле сервиса должна быть доступна возможность просмотра предыдущих результатов поиска в социальных сетях, чтобы система не запрашивала его каждый раз у пользователя.

Также необходимо добавить возможность поиска людей по имени и фамилии среди друзей, используя ключевые слова. Таким образом можно найти конкретного человека, совпадающего по интересам, а не случайных людей в социальной сети. Для решения этой задачи необходимо анализировать цепочку людей в графе на предмет наличия друга с указанными фамилией и именем и, в случае совпадения, проверять интересы этого человека, сопоставляя с указанными ключевыми словами.

В качестве результатов работы программы будет отображаться цепочка людей, связывающих пользователя с этим человеком в окне браузера, что повышает информативность и наглядность результатов.

Заключение

Предлагаемые функциональные решения для совершенствования существующего прототипа улучшают взаимодействие пользователя с системой, расширяя возможности информационной системы и уменьшая время на выполнение работы программы. Отображаемый в окне браузера выстроенный граф взаимосвязей демонстрирует наглядность результатов работы и дает возможность проследить цепочку людей, связывающих пользователя с найденным человеком. Анализ сообществ, в которых состоит человек в социальной сети, позволяет дополнить структуру анализируемых данных и повысить вероятность того, что человек совпадает по указанным интересам.

Список литературы

1. API Переводчика [Электронный ресурс]. – документация. – режим доступа: https://yandex.ru/dev/translate/ (дата обращения 07.12.2021)

2. API ВКонтакте. Получение списка сообществ пользователя [Электронный ресурс]. – документация. – режим доступа: https://vk.com/dev/groups.get (дата обращения: 08.12.2021)

3. API ВКонтакте. Получение ключа доступа [Электронный ресурс]. – документация. – режим доступа: https://vk.com/dev/access_token (дата обращения 08.12.2021)

4. Фомина Ю. В. Извлечение информации из социальных сетей [Текст] // Стратегические коммуникации в современном мире. – Красноярск, 2014.

5. Коршунов, А. Анализ социальных сетей: методы и приложения [Электронный ресурс] / А. Коршунов, И. Белобородов, Н. Бузун и др. // Труды ИСП РАН. 2014. №-1. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sotsialnyh-setey-metody-i-prilozheniya (дата обращения 13.12.2021).

Интерпретация результатов машинного обучения для задачи регрессии

Н. К. Перминов, email: np.magistr@yandex.ru

Вятский государственный университет

Аннотация. *Проведен анализ современных методов интерпретации результатов машинного обучения для задачи регрессии. Предложена формализация понятия интерпретации, на основе которой описаны возможные задачи оценки результатов задачи регрессии. Продемонстрированы возможности библиотек для интерпретации ELI5, Lime и SHAP. Проанализированы результаты работы данных библиотек на двух датасетах – boston и diabetes, которые посвящены регрессионным задачам предсказания цен на жилье и оценке прогрессирования диабета соответственно. Даны рекомендации по решению задачи интерпретации результатов регрессионного анализа.*

Ключевые слова: *машинное обучение, регрессия, интерпретация, интерпретируемость, Lime, SHAP, ELI5.*

Введение

В последние годы происходит стремительное развитие в области машинного обучения, которое способствует новым открытиям во многих областях [2], а также используется во множестве сфер деятельности человека. Модели машинного обучения применяются для классификации, регрессии и кластеризации объектов. В данной статье рассматривается задача регрессии.

Вместе с развитием искусственного интеллекта растет запрос на объяснение результатов его деятельности. В связи с этим появляются различные работы по интерпретации результатов той или иной модели для решения задач медицины [6], химии [5] и т.д.

Крайне важным фактором в решении задач для медицины с помощью машинного обучения является объяснение результатов [1, с. 9]. Обосновывается это тем, что в данной сфере ошибка может повлиять на человеческую жизнь. Данное опасение является основной причиной недостаточной степени внедрения искусственного интеллекта при решении задач, связанных со здоровьем людей. Именно поэтому значительные усилия исследователей направлены на решение проблемы интерпретации результатов моделей машинного обучения.

© Перминов Н. К., 2022

В рамках бизнес-логики заказчик зачастую не доверяет полученному решению, так как ему непонятно, как именно получился тот или иной результат. Данную проблему также решает объяснение результатов машинного обучения.

Интерпретация модели – сложное для объяснения явление, которое имеет разные вариации определений и не имеет формально-технического представления [10]. В данной статье предложено формальное определение понятия интерпретации.

Цель настоящей статьи – выполнить обзор и сравнительный анализ наиболее популярных и цитируемых библиотек интерпретации результатов машинного обучения. По результатам исследования были выделены следующие библиотеки: SHAP [8], ELI5 [4] и LIME [7].

Данные библиотеки являются популярными, например, на GitHub SHAP имеет 14900 звезд, Lime – 9400, ELI5 – 2500. По актуальности лидирует SHAP, т.к. последнее изменение датировано 05.12.2021, у Lime 30.06.2021, а у ELI5 от 22.01.2020 года.

1. Понятие интерпретируемости результатов машинного обучения

Интерпретируемость – это свойство модели машинного обучения, которое измеряет, насколько легко отслеживать и объяснять ее процессы и/или результаты [2, с. 146].

Исходя из основополагающей статьи о интерпретируемости моделей машинного обучения [10], данное понятие имеет следующее дробление:

1. Прозрачность – касается описания модели, которое необходимо понимать, данные характеристики могут быть известны до момента обучения. В данный пункт входят следующие критерии: воспроизводимость, декомпозиция и алгоритмическая прозрачность. Первый критерий отвечает за вопрос: сможет ли человек повторить шаги алгоритма и получить тот же результат, что и используемая модель. Согласно второму критерию можно ответить на вопрос о том, можно ли интерпретировать промежуточные результаты модели или какие-то ее субкомпоненты. Последний дает ответ на вопрос о гарантии, которую предоставляет нам используемый алгоритм, например, результат модели всегда сходится к определенному типажу решений.

2. Апостериорная интерпретируемость – определяет то, что мы извлекаем из модели после проведения обучения. Данный пункт включает в себя следующие критерии: текстовое объяснение, визуализация и локальные объяснения и объяснения на примере. Первым делом задается вопрос о возможности объяснения результатов обучения модели на естественном языке. Визуализация и локальные объяснения дают ответ о том, имеется ли возможность обнаружения особо важных

признаков или критериев, на которые ссылалась модель при определении целевой переменной. Последний критерий объясняет может ли модель сопоставить новые данные с похожими из учебного множества и вывести приближенное значение целевой переменной, таким образом проводится аналогия.

2. Формализация задачи интерпретации результатов машинного обучения

Для формализации задачи интерпретации необходимо определить основные понятия машинного обучения.

Пусть входные данные для обучения и значения целевой переменной (формула 1) выражены следующим образом:

$$X_t = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \cdots & \ddots & \cdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix}, \tag{1}$$

где n – количество примеров, m – количество признаков.

Таким образом, можно вывести формулу для целевой функции F, которая используется для предсказания целевой переменной Y на обучающих входных данных (формула 1):

$$F : X_t \to Y. \tag{2}$$

Следующим шагом будет вывод формулы интерпретации целевой функции:

$$I = inter(X, F), \tag{3}$$

где $inter$ – способ интерпретации, причем входной набор данных может быть следующим:

$$X \in \{X_{test}, X_{train}, X_{new}\}, \tag{4}$$

то есть входной набор данных в настроенный интерпретатор может быть представлен: тестовой выборкой обозначение, обучающей выборкой обозначение или новыми сгенерированными данными обозначение.

Интерпретатор I может быть настроен несколькими способами, рассмотрим основные.

2. Задача – объяснение какой вклад был вложен в целевую переменную по каждому из признаков и для каждого примера, реализовано в библиотеке SHAP, Lime и ELI5. Значения, лежащие в I (формула 3) будут иметь следующий вид:

$$y_j = i_{j1} + i_{j2} + \ldots + i_{jm-1} + i_{jm}, \tag{5}$$

где i – показатель вклада по интерпретатору конкретного значения из датасета на значение целевой переменной, j – номер примера из входных данных.

3. Задача – демонстрация влияния каждого признака для получения целевой переменной на весь датасет, реализовано в библиотеке ELI5. Тогда значения, лежащие в I (формула 3) будут иметь следующий вид:

$$I(X, F) = [i_1, i_2, \ldots, i_{m-1}, i_m] , \quad (6)$$

где i – отображение влияния признака на результат.

3. Демонстрация работы библиотек

Для первой демонстрации работы был выбран набор данных из библиотеки sklearn – boston [9], в рамках него необходимо предсказать стоимость помещения по входным данным.

Признаки, которые хранятся в данном датасете имеют следующие определения:

1. CRIM – уровень преступности на душу населения по городам.
2. ZN – доля земли под жилую застройку, зонированная под участки более 25 000 кв. Футов.
3. INDUS – доля акров, не относящихся к розничной торговле, на город.
4. CHAS – фиктивная переменная реки Чарльз (1, если участок ограничивает реку; 0 в противном случае).
5. NOX – концентрация оксидов азота (частей на 10 миллионов).
6. RM – среднее количество комнат в доме.
7. AGE – доля занимаемых владельцами единиц, построенных до 1940 г.
8. DIS – взвешенные расстояния до пяти бостонских центров занятости
9. RAD – индекс доступности радиальных автомобильных дорог
10. TAX – полная ставка налога на имущество за 10 000 долларов США.
11. PTRATIO – соотношение учеников и учителей по городам
12. B – 1000 (Bk – 0,63) ^ 2, где Bk – доля черных по городам.
13. LSTAT – % более низкого статуса населения
14. MEDV – средняя стоимость домов, занимаемых владельцами, в 1000 долларов США

В рамках первой задачи – демонстрации вклада каждого показателя в целевую переменную, разобраны библиотеки SHAP, ELI5 и Lime. Продемонстрированы возможности визуализации и даны объяснения к результатам их интерпретации.

После обучения модели можно выбрать случайным образом пример для интерпретации результатов, а можно взять конкретный экземпляр, целевая переменная которого нуждается в объяснении. Для сравнения библиотек наугад выбран индекс примера = 18.

Таблица 1

Соотношение имени признака из первого датасета и его значения для наугад выбранного примера

Name feature	Value
CRIM	0.80271
ZN	0.00000
INDUS	8.14000
CHAS	0.00000
NOX	0.53800
RM	5.45600
AGE	36.6000
DIS	3.79650
RAD	4.00000
TAX	307.000
PTRATIO	21.0000
B	288.990
LSTAT	11.6900

Для данных в табл. 1 логистическая регрессия предсказала значение = 16.18. Теперь посмотрим интерпретацию результата по библиотеке SHAP на рис. 1.

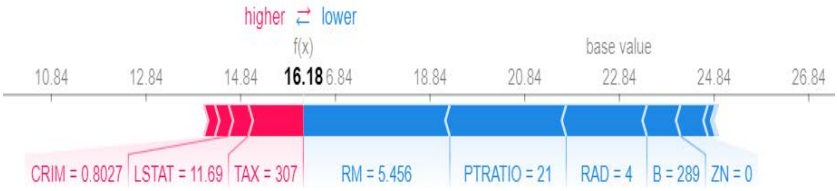


Рис. 1. Результат интерпретации результатов машинного обучения для предсказания целевой переменной у 18 примера с помощью библиотеки SHAP

Как видно по рис. 1, сильно снизил стоимость дома признак *RM*, *PTRATIO* и *RAD*, повысило стоимость помещения значение признака *TAX*. Красные признаки влияют положительно, а синие – отрицательно.

Следующая библиотека – ELI5. Но рассмотрена первая и вторая задача. Для первой задачи выбран тот же пример – 18. Результат по двум задачам объединен на рис. 2.

y top features

Weight[?]	Feature
+36.459	<BIAS>
+3.810	RM
+2.687	CHAS
+0.306	RAD
+0.046	ZN
+0.021	INDUS
+0.009	B
+0.001	AGE
-0.012	TAX
-0.108	CRIM
-0.525	LSTAT
-0.953	PTRATIO
-1.476	DIS
-17.767	NOX

y (score **16.178**) top features

Contribution[?]	Feature	Value
+36.459	<BIAS>	1.000
+20.787	RM	5.456
+2.691	B	288.990
+1.224	RAD	4.000
+0.167	INDUS	8.140
+0.025	AGE	36.600
-0.087	CRIM	0.803
-3.787	TAX	307.000
-5.602	DIS	3.796
-6.134	LSTAT	11.690
-9.558	NOX	0.538
-20.008	PTRATIO	21.000

Рис. 2. Интерпретация результатов с помощью библиотеки ELI5: левая таблица – для второй задачи, правая – для первой задачи

По рис. 2 видно, что для первой задачи не хватает двух значений – интерпретации для признака *CHAS* и *ZN*, это обусловлено тем, что у данного признака значение = 0.

Для второй же задачи видно, что на целевую переменную наибольшее влияние в положительную сторону повлиял признак *RM*, а в отрицательную *PTRATIO*.

Библиотека Lime показала следующие результаты, отображенные на рис. 3.

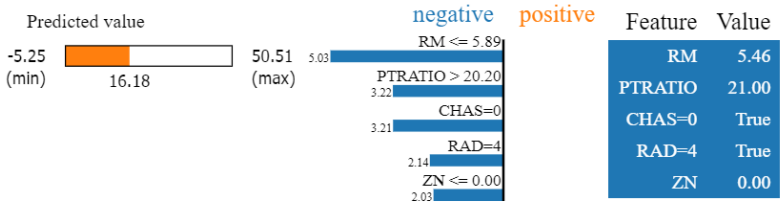


Рис. 3. Интерпретация результатов с помощью библиотеки Lime

На рис. 3 первый барплот отвечает за значение целевой переменной для выбранного примера. График посередине отвечает за влияние

признаков на целевую переменную. Правая таблица демонстрирует исходные значения примера.

По рис. 3 можно сказать, что данная библиотека имеет все необходимые данные для визуализации результатов модели. Она включает все информативно-описательные характеристики.

Следующим примером данных для демонстрации работы был выбран датасет из библиотеки sklearn – diabetes [9], целевой переменной которого является количественный показатель прогрессирования заболевания через год после исходного уровня.

Признаки, которые хранятся в данном датасете имеют следующие определения:

- age – возраст в годах.
- sex – пол.
- bmi – индекс массы тела.
- bp – среднее артериальное давление.
- s1 – общий холестерин сыворотки.
- s2 – липопротеины низкой плотности.
- s3 – липопротеины высокой плотности.
- s4 – общий холестерин / ЛПВП.
- s5 – логарифм уровня триглицеридов в сыворотке.
- s6 – уровень сахара в крови.

Для данного датасета используется аналогичная трактовка первой задачи, что и для первого набора данных.

После обучения модели, для сравнения библиотек наугад выбран индекс примера = 5.

Таблица 2

Соотношение имени признака из второго датасета и его значения для наугад выбранного примера

Name feature	**Value**
age	-0.092695
sex	-0.044642
bmi	-0.040696
bp	-0.019442
s1	-0.068991
s2	-0.079288
s3	0.041277
s4	-0.076395
s5	-0.041180
s6	-0.096346

Для данных в табл. 2 логистическая регрессия предсказала значение = 106.35. Теперь посмотрим интерпретацию результата по библиотеке SHAP на рис. 4.



Рис. 4. Результат интерпретации результатов машинного обучения для предсказания целевой переменной y 5 примера с помощью библиотеки SHAP

Как видно по рис. 4 сильно снизил целевую переменную признак *s2*, *s5*, *bmi*, повысило же значение признаков *sex*, *s1*. Красные признаки влияют положительно, а синие – отрицательно.

Для демонстрации работы библиотеки ELI5 был выбран тот же датасет – diabetes. Но рассмотрена первая и вторая задача. Для первой задачи выбран тот же пример – 5. Результат по двум задачам объединен на рис. 5.

y top features

Weight[?]	Feature
+751.279	s5
+519.840	bmi
+476.746	s2
+324.390	bp
+177.064	s4
+152.133	<BIAS>
+101.045	s3
+67.625	s6
-10.012	age
-239.819	sex
-792.184	s1

y (score **106.349**) top features

Contribution[?]	Feature	Value
+152.133	<BIAS>	1.000
+54.653	s1	-0.069
+10.706	sex	-0.045
+4.171	s3	0.041
+0.928	age	-0.093
-6.307	bp	-0.019
-6.515	s6	-0.096
-13.527	s4	-0.076
-21.155	bmi	-0.041
-30.938	s5	-0.041
-37.800	s2	-0.079

Рис. 5. Интерпретация результатов с помощью библиотеки ELI5: левая таблица – для второй задачи, правая – для первой задачи

По рис. 5 видно, что для второй задачи сильное негативное влияние имеет признак *s1*, а положительное влияние имеет признак *s5*. Для первой задачи наоборот получилось, что для примера под номером 5, признак *s1* имеет положительное влияние, а *s5* – отрицательное.

Результаты интерпретации, сформированные библиотекой Lime, для примера 5 отображены на рис. 6.

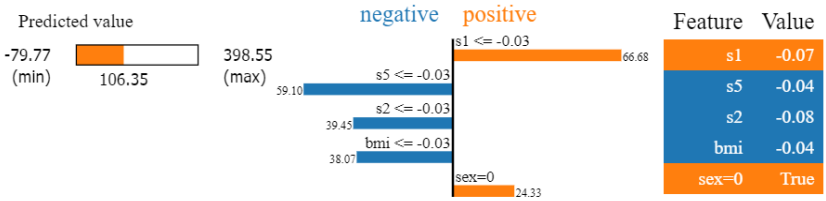


Рис. 6. Интерпретация результатов с помощью библиотеки Lime

На рис. 3 первый барплот отвечает за значение целевой переменной для выбранного примера. График посередине отвечает за влияние признаков на целевую переменную. Правая таблица демонстрирует исходные значения примера.

По рис. 6, можно сказать, что есть отличительный признак *sex*, который положительно повлиял на значение целевой переменной. В результатах по двум предыдущим библиотекам, данного признака нет.

4. Сравнение библиотек

Сравнение библиотек осуществлялось на стандартной задаче регрессии – об оценке помещения из Бостона и предсказании прогрессирования диабета через год после исходного уровня.

После получения результатов интерпретации модели для задачи регрессии с помощью библиотек ELI5, SHAP, Lime, было решено сравнить, какие самые влиятельные признаки выделили интерпретаторы. Для данного сравнения были выделены первые 5 интерпретируемых значений для признаков по модулю. Модуль взят для анализа и отрицательно влияющих признаков на результат целевой переменной. Данные для первого датасета занесены в табл. 3, а для второго в табл. 4.

В табл. 3 курсивом выделены признаки, которые имеются в топ-5 хотя бы по двум библиотекам. Жирным выделены показатели с полным совпадением порядка и знака для интерпретированных данных.

Таблица 3

Сравнение результатов интерпретации по трем библиотекам для датасета об оценке помещения из Бостона

Name Feature	Lime	Name Feature	ELI5	Name Feature	SHAP
RM	-5,03	NOX	-17,76	**RM**	-3,09
PTRATIO	-3,22	*RM*	3,81	**PTRATIO**	-2,46
CHAS	-3,21	**CHAS**	2,68	*RAD*	-1,70
RAD	-2,14	DIS	-1,47	TAX	1,16
ZN	-2,03	*PTRATIO*	-0,95	B	-0,71

Также для ELI5 есть “аномалия”, по сравнению с Lime и SHAP данная библиотека интерпретировала признак *RM* как положительно влияющий на цену, что является странным. Так как в анализируемом примере *RM* = 5,456 в то время, как среднее значение по данному признаку = 6,284. Таким образом, получается, что значение *RM* ниже среднего.

По второму датасету также были выделены топ-5 признаков и результаты занесены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение результатов интерпретации по трем библиотекам для датасета об оценке прогрессирования диабета

Name Feature	Lime	Name Feature	ELI5	Name Feature	SHAP
s1	66,68	**s1**	54,65	**s1**	57,08
s5	-59,10	**s2**	-37,80	**s2**	-38,83
s2	-39,40	**s5**	-30,93	**s5**	-32,60
bmi	-38,10	**bmi**	-21,15	**bmi**	-16,65
sex	24,33	**s4**	-13,52	**s4**	-13,99

Аналогично, как и для табл. 3 курсивом выделены признаки, которые имеются в топ 5 хотя бы по двум библиотекам. Жирным выделены показатели с полным совпадением порядка и знака для интерпретированных данных.

Получились противоположные результаты в сравнении с табл. 3. По табл. 4 видно, что произошло полное совпадение результатов интерпретации ELI5 и SHAP. Кроме того, признаки *s1*, *bmi* выделены на

одинаковых уровнях важности для трех библиотек, то есть эти показатели расположены на 1 и 4 месте в топ-5 самых важных признаков.

Что касательно визуального восприятия, то в библиотеке SHAP заложено намного больше функционала для отображения интерпретации результатов машинного обучения. Это обусловлено тем, что данная библиотека активно дорабатывается и развивается, разработчиками.

Заключение

Результаты интерпретации по библиотекам могут совпасть, а могут различаться, поэтому при решении задачи интерпретации результатов машинного обучения для задачи регрессии, необходимо пользоваться несколькими инструментами сразу.

Для выполнения данной задачи рекомендуется использовать библиотеки ELI5 и SHAP, так как данные библиотеки активно разрабатываются и расширяют свой функционал. Также имеется подробная документация для обеих библиотек.

Однако, есть проблема с оценкой результатов интерпретаций по различным методам. Для каждой задачи в данный момент необходимо экспертное мнение, которое будет основываться на результатах интерпретации моделей машинного обучения.

Для того, чтобы облегчить эксперту работу или же объяснить для бизнес-логики тот или иной результат лучше всего использовать библиотеку SHAP. Данная библиотека использует JavaScript для визуализации интерпретации результатов машинного обучения, данный функционал позволяет просто и интерактивно подойти к объяснению ответа итоговой модели.

Список литературы

1. Атлас электрокардиографии. Интерпретация результатов: от простого к сложному / Н. А. Новикова [и др.] – Москва : Эксмо, 2022. – 128 с.

2. Будума, Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Н. Будума, Н. Локашо ; пер. с англ. А. Коробейникова ; [науч. Ред. А. Созыкин]. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 304 с.

3. Бурков. Машинное обучение без лишних слов. – СПБ.: Питер, 2020. – 192 с..

4. Eli5 [Электронный ресурс] : источник библиотеки. – Режим доступа : https://github.com/TeamHG-Memex/eli5.

5. Interpretable and Explainable Machine Learning for Materials Science and Chemistry [Электронный ресурс] / F. Oviedo [and all] :

Computing Research Repository (CoRR), 2021. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/2111.01037.

6. Interpretable Machine Learning for Genomics [Электронный ресурс] / S. Watson : Computing Research Repository (CoRR), 2021. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/2110.03063.

7. Lime [Электронный ресурс] : источник библиотеки. – Режим доступа : https://github.com/marcotcr/lime.

8. SHAP [Электронный ресурс] : источник библиотеки. – Режим доступа : https://github.com/slundberg/shap.

9. Scikit-learn documentation [Электронный ресурс] : источник библиотеки. – Режим доступа : https://scikit-learn.org/stable/modules/classes.html#module-sklearn.datasets.

10. Zachary C. Lipton. 2018. The Mythos of Model Interpretability: In machine learning, the concept of interpretability is both important and slippery. Queue 16, 3 (May-June 2018), 31–57.

Разработка системы поддержки принятия решений для прогнозирования оттока клиентов на базе АП Loginom

Н. Ю. Прокопенко, email: prokopenko_nu@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный

Аннотация. *Показана необходимость применения специализированного программного обеспечения и современных методов анализа данных для прогнозирования оттока клиентов в телекоммуникационных компаниях.*

Ключевые слова: *системы поддержки принятия решений, аналитическая платформа Loginom, хранилище данных, Data Mining, клиентская аналитика, прогнозирование.*

Введение

Развитие реальной конкуренции на телекоммуникационном рынке приводит к необходимости внедрять наиболее прогрессивные методы управления, изыскивать внутренние резервы, выявлять конкурентные преимущества. Специфика телекоммуникационной отрасли заключается в обслуживании многочисленной абонентской базы, нужно анализировать трафик клиентов, структурировать входящий поток обращений, формировать различную отчетность. При современной ситуации на рынке телекоммуникационных услуг, использование CRM-стратегии для прогнозирования оттока клиентов (их лояльности) является необходимым условием успешной деятельности компании, предоставляющей услуги связи.

Для модернизации или расширения инфраструктуры, а также для создания и продвижения новых услуг от оператора требуется внедрение эффективных схем удержания существующих и привлечения новых абонентов, и один из путей достижения этих целей заключается в извлечении всей полезной информации из имеющихся у телекоммуникационных фирм данных об абонентах и применении систем бизнес-аналитики и современных интеллектуальных методов анализа данных Data Mining, Big Data, Machine Learning и других технологий анализа данных [1].

Тенденции последних лет в развитии аналитических систем заключаются в интеграции средств аналитической обработки, алгоритмов извлечения знаний, управления метаданными и визуализации

© Прокопенко Н. Ю., 2022

результатов на одной программной аналитической платформе. Эти аналитические системы созданы, чтобы помочь в планировании и управлении различными бизнес-процессами и в решении некоторых бизнес-задач. К подобным информационно-аналитическим инструментам можно отнести аналитическую платформу Loginom (разработка компании «ООО Аналитические технологии Loginom Company»), реализующая методы продвинутой аналитики с использованием подхода «low-code», визуального проектирования и объектно-ориентированного подхода.

В рамках реализации данного проекта была определена следующая структура СППР на базе АП Loginom:

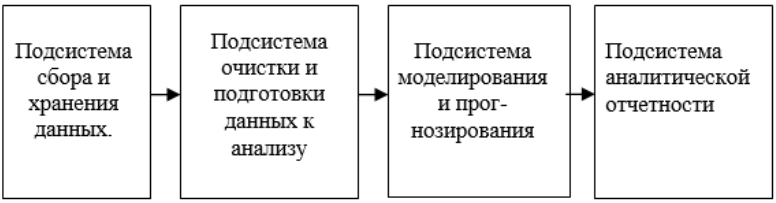


Рис. 1. Структура системы поддержки принятия решений

2. Разработка хранилища данных

Вся информация о клиентах компании консолидируется в специализированном хранилище данных. Хранилище данных ориентировано на решение именно задач анализа со специфичными для этих задач механизмами хранения данных. Использование единого хранилища позволяет гарантировать непротиворечивость данных и централизованное хранение, а также автоматически обеспечивает всю необходимую поддержку процесса анализа данных.

Чтобы ХД выполняло функции, соответствующие его основной задаче – поддержке процесса анализа данных, оно должно удовлетворять требованиям, сформулированным Р. Кимбаллом, одним из авторов концепции ХД [2]:

- высокая скорость получения данных из хранилища;
- автоматическая поддержка непротиворечивости данных;
- возможность получения и сравнения срезов данных;
- наличие удобных средств для просмотра данных в хранилище;
- обеспечение целостности и достоверности хранящихся данных.

Спроектированное ХД представлено ниже на рисунке 2. Хранилище данных содержит специальный семантический слой, обеспечивающий возможность работы с ним пользователю без необходимости вникать в

особенности хранения данных – пользователь оперирует привычными терминами: «дата», «абонент», «обращение».

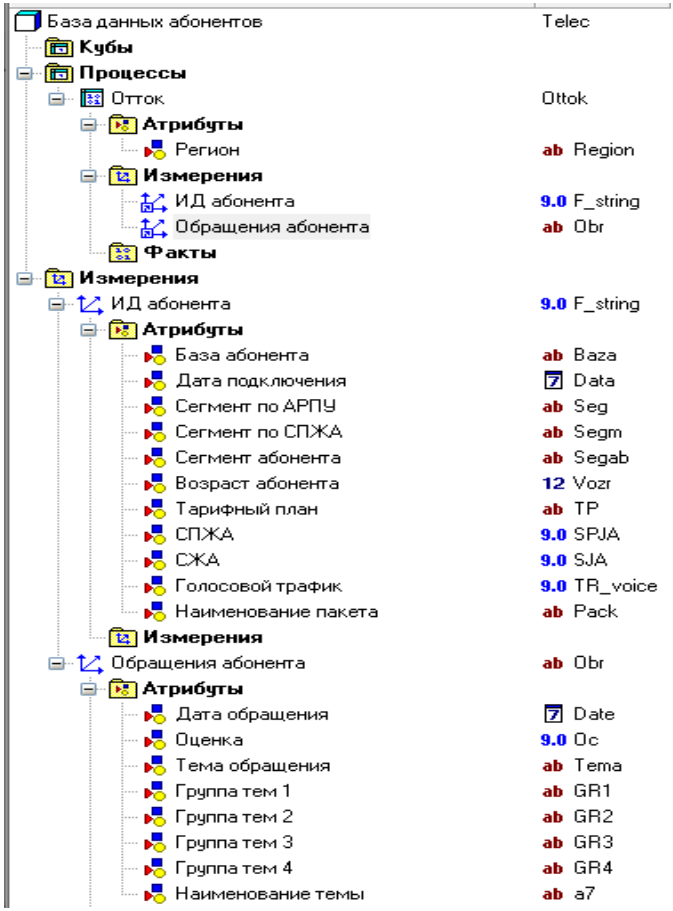


Рис. 2. Структура хранилища данных

После создания структуры хранилища данных оно представляет собой «пустое» ХД с настроенным семантическим слоем. В таком виде оно готово к загрузке в него данных из внешних структурированных источников. Для этого написан соответствующий сценарий, который должен выполнять следующие функции: импорт данных; опциональную предобработка данных, например, очистку или преобразование формата; загрузку данных в измерения и процессы хранилища данных.

В АП Loginom предусмотрены средства, позволяющие выполнять все действия автоматически в пакетном режиме. Благодаря этому большую часть аналитической обработки можно проводить по регламенту, например, когда нагрузка на вычислительные ресурсы сервера и ресурсы сети интернет минимальна. При помощи любого планировщика заданий можно настроить выполнение данного сценария по заданному регламенту. Таким образом, написанный сценарий автоматически может работать на новых данных с экспортом результатов обработки в хранилище данных.

Созданное ХД позволяет обеспечить целостность и непротиворечивость данных, их централизованное хранение, обеспечит возможность корректного построения прогнозных моделей на основе технологий Data Mining.

3. Реализация системы поддержки принятия решений

В процессе работы над проектом были собраны статистические данные по активности клиентов и их оттоку в компании «Мегафон», реализованы модули очистки данных, кластеризации, прогнозирования и аналитической отчетности в АП Loginom Community, используя встроенные low-code инструменты и визуальное проектирование [3].

В функциональность low-code-инструментов закладывается возможность доработки с помощью графического интерфейса и несложных скриптов, не требующих профессиональных навыков программирования.

Концепция low-code оказывается особенной полезной в случаях, когда требуется:

– увеличить скорость реализации и внедрения нового функционала информационных систем;

– выполнять быстрое прототипирование приложений и их компонентов;

– подключить к реализации логики обработки бизнес-экспертов;

– создать среду, позволяющую специалистам обмениваться знаниями в понятной визуальной форме.

Преимущества low-code подхода к аналитике дает возможность больше использовать готовые компоненты, а визуальное проектирование позволяет решать задачи анализа с меньшими затратами сил разработчиков. Так, например сценарий анализа данных в АП Loginom настраивается визуально (рис. 3). Пользователь видит, как обрабатываются данные на любом этапе, что упрощает поиск ошибок в расчётах. Изменения в разработанные сценарии вносятся просто: достаточно заменить один компонент обработки другим или переопределить логические связи. Гибкость и вариативность в

применении компонентов закладывается через параметризацию, архитектура компонентов должна исключать дублирование логики обработки, в сценариях применяется наследование или ссылки на фрагменты обработки.

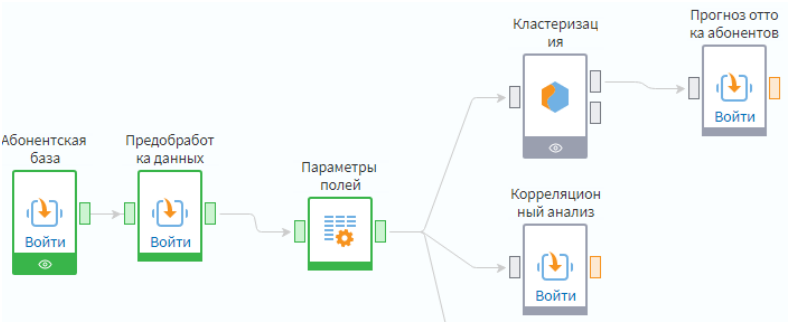


Рис. 3. Визуальное проектирование компонент сценария

Качество данных, которые собираются и консолидируются для анализа из различных источников, является одной из самых больших проблем аналитических технологий. С целью повышения качества данных используется комплекс методов и алгоритмов, получивших название «очистка данных». Для того чтобы правильно подготовить данные к анализу необходимо иметь стратегию их очистки, которая разрабатывается на основе знания структуры и особенностей источников, из которых поступают данные, характера самих данных, методики и цели их анализа. Эти задачи решает в сценарии узел «Предобработка данных». Этот компонент оценивает пригодность данных для анализа и прогнозирования, выявляет наличие ошибок в данных ряда (пропуски, дубликаты, противоречия), наличие аномальных значений, статистические характеристики.

АП Loginom имеет OLAP-ядро, способное на лету проводить многомерный анализ данных с возможностью визуализации результатов и экспорта в офисные приложения, базы данных и внешние сервисы.

Первый этап анализа выполняет сегментацию абонентской базы, которая заключается в разделении всех клиентов компании на группы, которые могут использовать разные предложения, и к которым необходимо прилагать разные маркетинговые усилия. Этот процесс является ключевым во всей цепочке работы, так как от того насколько успешно будет разделена база будет зависеть успех предлагаемых на последнем этапе предложений.

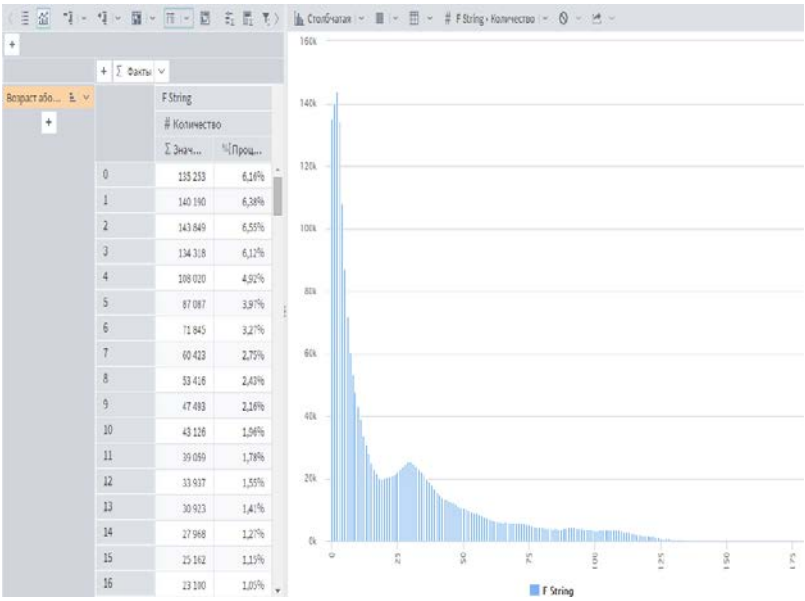


Рис. 4. OLAP-отчет «Отток в зависимости от возраста абонента»

Методы интеллектуального анализа данных, в частности деревья решений и кластерный анализ, могут применяться для сегментирования клиентских баз. В этой работе с помощью обработчика Кластеризация, используя алгоритм g-means [2], было сформировано 9 кластеров. При сегментации для выделения наиболее прибыльных клиентов использовали показатели: средний доход от абонента, продолжительность отношений (сколько месяцев является клиентом), количество обращений в службу поддержки.

Следующий этап – прогноз оттока абонентов каждого кластера, используя обработчики нейронная сеть и логистическая регрессия. С помощью реализованных моделей можно рассчитать вероятность ухода и вероятность отклика на новое предложение для конкретного клиента, а также оценить влияние различных факторов на отток. Оказалось. что самое высокое влияние на показатель оттока, по имеет показатель MOU – среднемесячное количество потраченных минут, входящего голосового трафика и ARPU – среднемесячные траты абонента, а показатели, связанные с возрастом абонента, имеют отрицательную корреляцию.

Заключение

Созданная библиотека компонентов сегментации и прогнозирования была протестирована на реальных данных компании Мегафон (база данных включала 2195000 записей об абонентах). Основными полями, характеризующие абонентов были их средние (за определенный период) показатели, связанные с входящим и исходящим траффиком, также были сформированы производные переменные, отражающие доли потребления типов услуг. При тестировании библиотеки сбоев и ошибок в работе компонентов обнаружено не было. Несмотря на работающий прототип, продукт требует доработок, прежде чем сможет быть подвергнут нагрузочному тестированию. Разработанная СППР в виде библиотеки компонентов на базе АП Loginom даст возможность повысить эффективность маркетинговых кампаний за счет точного сегментирования клиентских баз, прогнозирования оттока абонентов и их отклика на рассылку о новых тарифах.

Список литературы

1. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

2. Паклин Н. Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям – СПб.: Питер, 2013. – 624 с.

3. Loginom: мало кодовая разработка (Low-code) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki.loginom.ru/articles/low-code.html

Исследование инструментов морфологического анализа текстов на русском языке для повышения точности алгоритмов обработки в библиотеке JMorfSdk

А. Н. Рыкунов, email: casi.05@mail.ru
Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru
С. А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru
А. С. Поречный, email: alex.porechny@mail.ru

[1] Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Стремительное развитие технологий приводит к тому, что с каждым годом не только появляется все больше различных инструментов обработки текста на естественном языке, но и развиваются существующие. В статье приводятся результаты сравнительного анализа различных инструментов морфологического этапа анализа текстов на русском языке. На основе полученных результатов определяются направления развития текущей версии библиотеки JMorfSdk, которая входит в состав фреймворка TAWT, и предлагается несколько путей по повышению качества и точности результатов производимого морфологического анализа.*

Ключевые слова: *морфологический этап анализа, обработка естественного языка, компьютерная лингвистика, русский язык, сравнительный анализ.*

Введение

Постоянное увеличение количества производимой текстовой информации приводит к необходимости разработки и развития инструментов автоматического анализа текста. Сложность естественного языка, а также грамматические особенности каждого из них требуют не только реализации инструментов обработки языка для каждого из них отдельно, но и разделения процесса анализа на несколько этапов.

Все более активно инструменты автоматического анализа текста стали использоваться в различных сферах применения прикладных информационных систем. Необходим постоянный анализ текстовой информации, поступающей от пользователей или имеющейся в системах. Поэтому важно, как увеличение точности обработки, так и эффективность использования памяти и скорости работы инструментов лингвистического анализа текстов.

© Рыкунов А. Н., Полицына Е. В., Полицын С. А., Поречный А. С., 2022

Морфологический этап анализа текста предоставляет обобщение данных, полученные части речи которых в дальнейшем используются для построения синтаксических отношений между словами на уровне синтаксического анализа [1]. Кроме того, использование морфологических анализаторов даёт возможность увеличить полноту и точность информационного поиска [2].

На сегодняшний день инструменты морфологического анализа текста базируются на словарях, на вероятностных подходах, на конечных автоматах, машинном обучении и т.д. Такое разнообразие может обуславливаться тем, что даже в рамках морфологического анализа могут решаться различные задачи.

1. Библиотека JMorfSdk в составе фреймворка TAWT

Фреймворк TAWT (Tools for Automated Work with Text) включает в себя набор программных инструментов лингвистического анализа текстов на русском языке [6]. Все инструменты используют общую схему подключения, стандартную для платформы Java: используется глобальный репозиторий бинарных зависимостей, исходный код которых, примеры и ссылки на артефакты находятся в общем доступе на Github [5].

Инструмент JMorfSdk (Java Morphological Sdk) реализует морфологический этап анализа теста, основан на модификации машиноориентированного грамматического словаря русского языка А.А. Зализняка, разработанного и поддерживаемого проектом OpenCorpora [4], используется версия 2.10.17. Корпус содержит на данный момент 360 тысяч уникальных слов, 5 млн. словоформ, которые включают редкие и новые слова, а также самые типичные опечатки для уменьшения их влияния на анализ текста в целом.

Алгоритмы анализа, реализованные в библиотеке JMorfSdk, имеют высокую производительность за счет использования хэш-таблиц вместе с использованием битовых операций и хранением самых необходимых характеристик в битовой шакале, что позволило получить константную сложность определения множества омоформ слова и их морфологических характеристик. Средняя скорость выполнения морфологического анализа текста составляет 900 000 слов/с. Отличительной особенностью инструмента является наличие режима генерации слов по заданным морфологическим характеристикам [14].

Однако, при использовании библиотеки в различных прикладных информационных системах [6], а также для исследования и реализации алгоритмов обработки текстов, был выявлен ряд недостатков. Для определения направления развития и повышения точно алгоритмов анализа в библиотеке JMorfSdk была проведена оценка точности их

работы и сравнительный анализ с другими существующими инструментами морфологического анализа текстов на русском языке.

2. Сравнительный анализ работы инструментов морфологического анализа текстов на русском языке

На сегодняшний день самыми крупными корпусами текстов с морфологической разметкой являются Национальный корпус русского языка (НКРЯ) [3] и OpenCorpora [4].

В качестве корпуса для проведения анализа работы инструментов и последующего сравнения был выбран НКРЯ по причине большего количества размеченных слов. На момент анализа в корпусе находилось 95 056 предложений и 1 023 297 слов.

Сложность сравнения получения морфологических характеристик заключается в отсутствии для русского языка стандарта аннотации частей речи и остальных морфологических характеристик. Также словари некоторых инструментов содержат не весь набор характеристик, поэтому при сравнении для каждого анализатора были произведены сопоставления проставляемых тегов с анализируемым корпусом с минимальным набором из сравниваемых инструментов.

Был проведен сравнительный анализ работы следующих инструментов морфологического анализа:

– TreeTagger [7] – инструмент морфологического анализа, который использует словарь словоформ и словарь флексий. Последний предоставляет возможность проводить анализ слов, не входящих в его словарь. TreeTagger использует деревья решений для разрешения омонимии и требует размеченного корпуса для обучения;

– PullEnti [8] – библиотека, предоставляющая возможность полного анализа текста. Кроме того, в библиотеке реализована функция выделения именованных сущностей;

– pymorphy2 [9] – морфологический анализатор, за основу словаря которого взят OpenCorpora. Реализована вероятностная модель разрешения омонимии, а также средства анализа не словарных слов;

– RussianMorphology [10] – библиотека морфологического анализа, в которой взят за основу словарь из проекта AoT [11], базирующийся на грамматическом словаре Зализняка. Реализован анализ несловесных слов и разрешение омонимии;

– AoT [12] – библиотека морфологического анализа. Была использована новая версия на Java, в которой взят за основу проект AoT на C++.

– Natasha [13] – библиотеки для анализа текста. Позволяет произвести полный анализ текста в том числе и морфологический. Для

проведения морфологического анализа используется библиотека pymorphy2.

Анализ инструментов производился по следующим параметрам:

1. Количество найденных слов – процент найденных слов от общего количества слов в корпусе.

2. Количество верно полученных начальной формы – процент верно определенных начальных форм слов от общего количества слов в корпусе.

3. 95-й процентиль времени получения начальной формы – ввиду того, что крайне сложно изолировать отдельно взятые процессы на ЭВМ, а также ввиду того, что на ЭВМ выполняется несколько процессов одновременно, то для того, чтобы минимизировать возможное влияние сторонних процессов на результат, используется 95 процентиль от всех измеряемых результатов. Для расчета используется метод ближайшего процентильного ранга.

4. Количество верно определенных морфологических характеристик без учета снятия омонимии – процент верно определенных морфологических характеристик без учета снятия омонимии от количества слов, найденных в словаре исследуемого инструмента. Верно определенными характеристики считается в случае, если полученные омоформы слов присутствуют и среди них есть хотя бы одна форма с верными характеристиками.

5. Количество верно определенных морфологических характеристик с учетом снятия омонимии – процент верно определенных морфологических характеристик с учетом снятия омонимии от количества слов, найденных в словаре анализатора. Верно определенными характеристики считается в случае, если полученная форма имеет верные характеристики, а в случае, если инструмент не может разрешить или не поддерживает снятие омонимии, то берется первая форма из омоформ.

Результаты оценки работы инструментов по количество найденных слов, верно полученных начальных форм и 95-ому процентилю времени получения начальной формы представлены в таблице 1.

В таблице 2 представлены результаты оценки точности получения морфологических характеристик с учетом и без снятия омонимии.

Таблица 1

Результаты оценки работы инструментов

Название инструмент	Количество найденных слов, %	Количество верно полученных начальных форм, %	95-й процентиль времени получения начальной формы, мс
JMorfSdk	95,6	82,3	0,001488
TreeTagger	99,0	92,3	0,269281
PullEnti	95,7	82,5	0,022700
pymorphy2	98,4	95,0	0,025552
RussianMorphology	94,8	90,4	0,001932
AoT	95,5	90,5	0,001644
Natasha	95,6	94,6	0,275177

Таблица 2

Результаты оценки точности получения морфологических характеристик с учетом и без снятия омонимии

Название инструмент	Количество верно определенных морфологических характеристик без учета снятия омонимии, %	Количество верно определенных морфологических характеристик с учетом снятия омонимии, %
JMorfSdk	90,8	70,2
TreeTagger	76,2	76,2
PullEnti	63,3	48,4
pymorphy2	91,7	76,6
RussianMorphology	67,6	63,0
AoT	96,8	72,8
Natasha	82,8	82,8

3. Проблемы качества результатов морфологического анализа текста

Анализ полученных результатов позволил выявить ряд проблем в работе инструментов.

В TreeTagger используется дерево принятия решения. По результатам имеет наименьший процент отсутствующих слов, однако, не производит анализ слов, написанных через дефис, возвращая саму

словоформу в качестве начальной формы. Для некоторых глаголов, например, “доучила” некорректно происходит лемматизация, в результате чего возвращается сама словоформа в качестве начальной.

PullEnti в случае встречи омонимичной словоформы выводит все возможные варианты морфологических характеристик. В этой библиотеке не реализован механизм снятия морфологической омонимии. Кроме того, были обнаружены ошибки в процессе лемматизации – инструмент не имеет возможности для обработки слов, написанных через дефис, при этом приводя к начальной форме только первую часть словоформы. Также при поиске леммы у глаголов не учитывается возвратность, что приводит к неверной лемме у возвратных глаголов.

pymorphy2 показал наилучший результат по точности получения начальной формы, остальные параметры также являются близкими к наилучшим.

Библиотека Natasha показала наибольшую точность получения морфологических характеристик.

Проблемами анализаторов PullEnti, RussianMorphology, AoT и Natasha можно также считать небольшой по сравнению с остальными инструментами размер словаря, что снижает количество найденных слов.

В сравнительном анализе JMorfSdk с другими инструментами обработки текста были выявлены следующие недостатки:

– относительно высокий процент не найденных слов, что обусловлено отсутствием ёфицирования, т.е. инструмент использует словари с буквой «ё», в то, время как при письме зачастую буква «ё» заменяется на «е»;

– относительно невысокий процент точности получения начальных форм слов обусловлено тем, что при разработке инструмента были не учтены особенности используемого словаря, тем самым выдаются не инфинитивы глаголов, а их формы в первом лице или в мужском роде прошедшего времени;

– для каждого слова возвращаются все найденные формы, что требуется дополнительной обработки до перехода на синтаксический этап анализа.

4. Пути повышения точности алгоритмов морфологического анализа текстов в библиотеке JMorfSdk

На основе проведенного исследования были определены следующие пути повышения точности алгоритмов морфологического анализа текстов в библиотеке JMorfSdk:

Увеличение объема словаря.

Для более качественного морфологического анализа и передачи более точных данных на следующий, синтаксический, этап анализа

текста важно увеличить количество найденных слов. Проект OpenCorpora, словарь которого использует в библиотеке JMorfSdk постоянно обновляется и обновление до текущей версии позволит частично решить эту проблему. Также дополнение словаря не найденными ранее словами может быть реализовано путем сбора отсутствующих слов при использовании библиотеки на большом объеме текстов из различных источников.

Улучшения уровня графематического анализа.

В текстах часто используются слова с опущенной буквой ё, поэтому необходимо либо добавление в словарь словоформ без ё с сохранением связей между словами, либо возможность ёфикации непосредственно во время проведения морфологического анализа. Выбор реализуемого способа зависит от приоритета по показателям работы библиотеки. Первый вариант приведет к увеличению объема используемой памяти из-за расширения словаря, второй – к увеличению длительности обработки из-за дополнительных преобразований. Добавление функции ёфикации позволит уменьшить количество не найденных слов с 4,39% до 4,18%.

JMorfSdk в отличие от некоторых других инструментов при проверке наличия в словаре не учитывает имена числительные в числовом представлении. Так как добавлять все числа в словарь нецелесообразно, то обозначение его как словарного и присвоение тега числительного позволят ещё уменьшить количество незнакомых слов в тексте, понизив количество не найденных слов суммарно до 2,23%.

Частичное разрешение омонимии.

Недостатком алгоритма анализа в текущей версии JMorfSdk является отсутствие функциональности снятия омонимии. На данный момент точность получения основных морфологических характеристик составляет 70,2%, при этом при рассмотрении всех наборов характеристик для омонимичных словоформ этот показатель может вырасти до 90,8%. Добавление даже бесконтекстного метода разрешения многозначности позволит значительно увеличить точность получения морфологических характеристик.

В результате обновления словаря, добавления новых словоформ и учет особенностей используемое словаря позволит повысить количество найденных слов до 98% и более.

Заключение

Стремительное развитие технологий приводит к тому, что с каждым годом не только появляются все больше различных инструментов обработки текста на естественном языке, но и развиваются существующие.

Анализ работы основных инструментов морфологического анализа текстов на русском языке показал, что не существует абсолютного лидера, которые имеет наилучшие результаты по всем параметрам. Однако, такой анализ позволил определить слабые места в JMorfSdk и определить пути повышения точности алгоритмов обработки текста для повышения точности морфологического анализа.

Так, например, подмена буквы «ё» на «е» при письме является очевидным, однако, не учитывалось в JMorfSdk. Также не учитывались особенности используемого словаря, что снижало качество получения начальных форм слов. Помимо этого, анализ показал, что необходимо решать задачу по снятию омонимии в момент морфологического анализа, а точнее вводить дополнительный этап пост-морфологического анализа, в рамках которого необходимо снимать неоднозначность слова как контекстными, так и бесконтекстными методами.

При этом, анализ подтверждает, что одна из задач, которая являлась приоритетной при разработке библиотеки JMorfSdk является выполненной, а именно высокая скорость анализа, в т.ч. получение начальной формы слова и его морфологических характеристик.

На основе проведенного исследования были определены пути повышения точности алгоритмов морфологического анализа текстов в библиотеке JMorfSdk, основными из которых являются расширение словаря, уточнения работы с данными на графематическом уровне и частичное разрешение омонимии.

Реализация алгоритмов в рамках определенных путей развития инструменты позволят существенно повысить точность работы алгоритмов морфологического анализа в библиотеке JMorfSdk и как следствие улучшить качество решения прикладных задач, связанных с обработкой текстов на русском языке.

Список литературы

1. Mohbey K. K., Tiwari S. Preprocessing and morphological analysis in text mining // International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering. – 2011. – Vol. 2. – № 2. – P. 1-7.

2. Губин, М. В. Влияние морфологического анализа на качество информационного поиска / М. В. Губин, А. Б. Морозов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции : Труды Восьмой Всероссийской научной конференции (RCDL'2006), Суздаль, 17–19 октября 2006 года / Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова. – Суздаль: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2006. – С. 95-100.

3. Официальный сайт Национального корпуса русского языка. – Режим доступа – https://ruscorpora.ru. – (Дата обращения: 12.12.2021).

4. Официальный сайт OpenCorpora. – Режим доступа – http://opencorpora.org. – (Дата обращения: 12.12.2021).

5. Официальная страница JMorfSdk. – Режим доступа – https://github.com/jalexpr/jmorfsdk. – (Дата обращения: 12.12.2021).

6. Politsyna E., Politsyn S., Porechny A. Solving practical tasks of computer linguistics using the created text processing framework [Электронный ресурс]: статья. – Дата обращения: 15.12.2021 – Режим доступа: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129

7. Официальный сайт TreeTagger. – Режим доступа – https://cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/. – (Дата обращения: 12.12.2021).

8. Официальный сайт PullEnti. – Режим доступа – https://pullenti.ru/. – (Дата обращения: 12.12.2021).

9. Korobov M. Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages // Analysis of Images, Social Networks and Texts. – 2015. – P. 320-332.

10. Официальная страница RussianMorphology. – Режим доступа – https://github.com/AKuznetsov/russianmorphology. – (Дата обращения: 12.12.2021).

11. Официальный сайт АоТ. – Режим доступа – http://aot.ru. – (Дата обращения: 12.12.2021).

12. Официальная страница АоТ. – Режим доступа – https://github.com/demidko/aot. – (Дата обращения: 12.12.2021).

13. Официальная страница Natasha. – Режим доступа – https://github.com/natasha/natasha. – (Дата обращения: 12.12.2021).

14. Politsyna E. V. Development of the Cross-platform Library of Morphological Analysis of the Russian Language Text for Industrial Software / E. V. Politsyna, S. A. Politsyn, A. S. Porechny // CEE-SECR '18 Central and Eastern European Software Engineering Conference Russia Moscow. – ACM New York, NY, USA, 2018.

Формирование иерархии тематических рубрик на основе кластеризации терминов для коллекции текстовых сообщений

А.В. Сычев, email: sav@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается подход к тематической рубрикации коллекции коротких текстовых сообщений на основе кластеризации терминов, образующих текст сообщений. Представлены результаты машинного эксперимента по кластеризации множества терминов.*

Ключевые слова: *текстовые сообщения, ключевые слова, TF-IDF, лемматизация, дендрограмма, иерархия, кластеризация, корреляция.*

Введение

Взаимодействие с аудиторией посредством онлайн-платформ сегодня является наиболее распространенным форматом работы многих средства массовой информации сегодня. Экспоненциальный рост объемов новостей и откликов от пользовательской аудитории на этих площадках актуализирует задачу автоматической фильтрации потока текстовых сообщений.

Автоматическая фильтрация текстов реализуется путем решения задачи классификации. Высокое качество классификатора существенно зависит от правильного выбора пространства признаков. Более подробно проблематика выбора признаков была рассмотрена в [1].

С одной стороны, слишком высокая размерность пространства приводит к переобучению и «проклятию размерности». С другой стороны, слишком сильное сокращение размерности может обеспечивать высокую точность классификации, но при этом страдает показатель полноты.

Для построения классификатора требуется использовать обучающую коллекцию текстов, размеченных вручную экспертами. Разметка заключается в привязке текстов коллекции к заранее выбранным тематическим рубрикам, отражающим представления экспертов о соответствующих предметных областях.

Проблемы выбора системы тематических рубрик обусловлена следующими факторами:

© Сычев А. В., 2022

– субъективность выбора рубрик и оценки степени принадлежности конкретных сообщений к этим рубрикам.

– сложность привязки выбора рубрик к результатам анализа содержания текстов в коллекции ввиду большого размера самой коллекции и высокой трудоемкости этого анализа ручным способом.

Представляется, что кластеризация может предоставить эксперту инструмент для более объективного выбора как тематических рубрик, так и ключевых слов, их описывающих.

Среди множества методов кластеризации интерес представляют иерархические методы, по следующим соображениям:

– полученная в результате кластеризации дендрограмма позволяет увидеть этапы процесса кластеризации с привязкой результата к порогу подобия между кластерами (элементами);

– аналитик может увидеть «генетическую» связь между группировками (кластерами) терминов;

– аналитик может выбрать подходящее множество кластеров терминов, используемых в дальнейшем в качестве дескрипторов тематических рубрик.

В данной статье приводятся результаты эксперимента по кластеризации ключевых слов-терминов из словаря, сформированного из коллекции текстовых сообщений.

1. Описание эксперимента

Для проведения эксперимента была использована коллекция текстовых из 760 текстовых сообщений, размеченных экспертами как относящихся к 4 тематическим рубрикам: "медицина", "происшествия", "политика","спорт". Более подробные характеристики коллекции приведены в работе [2].

В результате предварительной обработки коллекции текстовых сообщений была сформирована матрица (таблица) ***MT*** "сообщения-термины". В качестве терминов были выбраны полученные в результате анализа сообщений по модели "bag-of-words" лемматизированные формы слов. Из общего числа извлеченных лемм в размере 12 тысяч единиц, для исследования в словарь были отобраны 600 терминов, у которых суммарная частота встречаемости $\mathrm{TF}_{\mathrm{total}}$ по всей коллекции сообщений превышала пороговое значение. Значение элемента m_{ij} построенной матрицы ***MT*** рассчитывалось по схеме TF-IDF.

В отношении транспонированной матрицы была проведена иерархическая агломеративная кластеризация. В качестве критерия связности в кластерах был выбран "CompleteLink", метрика расстояния – "CorrelationSimilarity".

2. Результаты эксперимента

На рисунке 1 представлен фрагмент построенного графа связи между кластерами терминов. Детализация структуры графа на рисунке ограничена 4-5 уровнями.

Для каждого термина t_i дополнительно были рассчитаны показатели:

– веса термина t_i относительно тематик S_j: $w_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}$, N_{ij} число сообщений по тематике S_j, содержащих термин t_i, N_j - число сообщений, относящихся к тематике S_j).

– $\max_j w_{ij}$ - максимальное значение w_{ij} для термина t_i.

– коэффициент скоса (коэффициент асимметрии) Sk_i для термина t_i, рассчитанный по набору значений w_{ij}.

Индекс тематической принадлежности терминов определялся по следующим критериям:

– коэффициент скоса $Sk_i > 0$

– j определяется по индексу максимального значения из w_{ij}.

На рисунке 2 представлен тот же фрагмент графа, что и на рисунке 1, однако вместо списка терминов в нем приведены обобщенные данные по тематическому распределению терминов в кластерах:

– количество терминов кластера по каждой из тематических рубрик

– коэффициент скоса для кластера, отражающий степень неравномерности распределения терминов по рубрикам.

3. Заключение

Полученные в результате эксперимента результаты позволяют сделать следующие предварительные выводы:

– При небольшом размере коллекции сообщений иерархическая кластеризация формирует кластеры терминов – ключевых слов в целом согласующиеся с данными, полученными на основе ручной разметки.

– При увеличении размера коллекции происходит размывание тематик. Требуется увеличивать количество тематик.

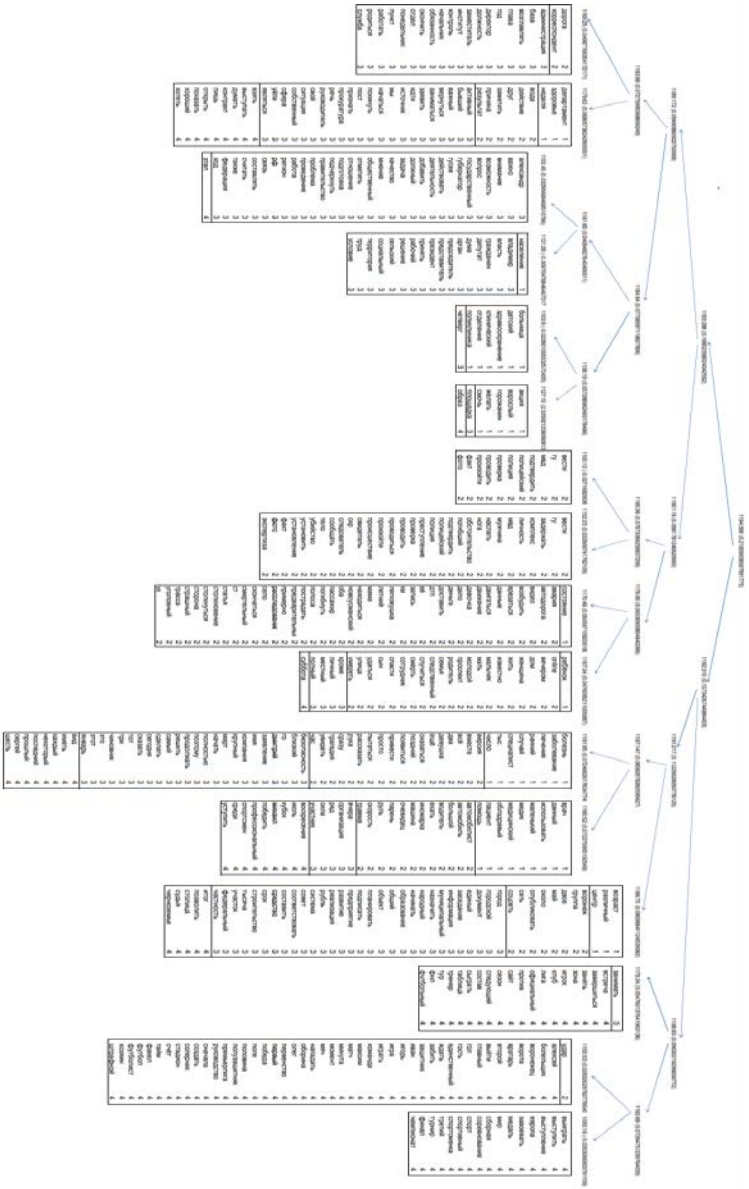


Рис. 1. Фрагмент графа кластеров для терминов

Рис. 2. Характеристики узлов графа кластеров

– Некоторые экспертные тематики являются плохо определяемыми с точки зрения автоматической обработки сообщений.

– Требуется более тонкая настройка алгоритмов обработки сообщений и кластеризации для достижения большей тематической согласованности в распределении терминов в кластерах.

Список литературы

1. Sychev A. An Approach to Processing News Text Messages Based on Markeme Analysis // Supplementary Proceedings of the XXIII International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2021). – Moscow, Russia, October 26-29, 2021. pp. 313-324 [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа: http://ceur-ws.org/Vol-3036/paper25.pdf.

2. Сычев, А.В. Кластеризация коротких текстовых сообщений на основе комбинированного вектора атрибутов / А.В. Сычев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов 21-й международной научно-методической конференции, Воронеж, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж, 2021 . – С. 1521-1525 .

Анализ демографии, а также демографического кризиса Российской Федерации с помощью методов анализа данных и машинного обучения

А. М. Тен, email: andreiten1@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir_kgtu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В данной работе рассматриваются методы анализа данных и машинного обучения в области исследования демографии населения Российской федерации*

Ключевые слова: *Машинное обучение, анализ данных, искусственный интеллект, Python, Классификация, демография*

Введение

В настоящее время в России отмечается особая проблема демографии населения. Идет полное вымирание коренного населения Российской Федерации, что приведет к трагедии. В будущем будет наблюдаться острая проблема нехватки населения. Для сохранения численности населения на одном уровне нужен суммарный коэффициент рождаемости около 2,1 рождений на женщину в течение жизни, но рождаемость в стране не достигает этого уровня. Наиболее резкое падение коэффициента рождаемости (до 1,157) произошло после дефолта 1998 года, затем рождаемость стала медленно расти, а с 2007 года в связи с вводом материнского капитала более быстрыми темпами – если в 2006 году на 1000 человек приходилось 10,3 новорождённых, то в 2014 году уже 13,3, а с 2015 года начала снижаться, в 2020 году на 1000 человек приходилось уже 9,8 новорождённых. Число новорождённых уменьшилось с 1 479 637 в 2006 году до 1 436 541 в 2020 году, а это спад на 2,9 %. Суммарный коэффициент рождаемости в 1999—2020 годах вырос с 1,157 до 1,505. Многие аналитики связывают причины демографического кризиса со снижением доходов населения. В остальном, аналогичные демографические тенденции обычны для индустриальных и постиндустриальных обществ, как в развитых, так и в развивающихся странах, где уже завершился демографический переход.

© Тен А. М, Мокшин В. В., 2022

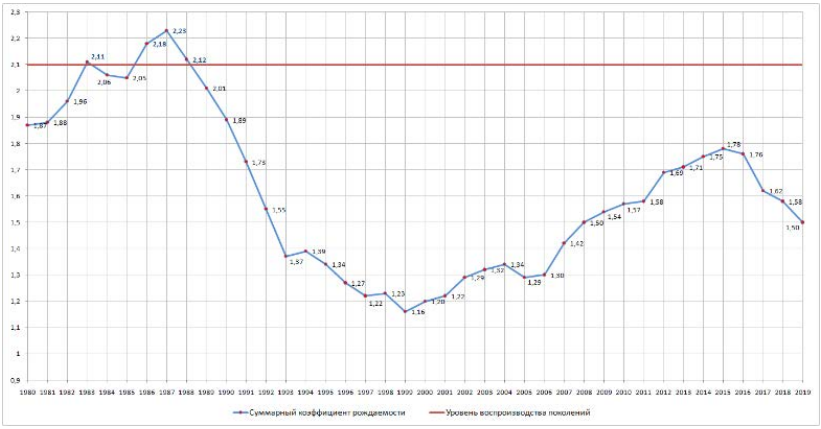


Рис. 1. Суммарный коэффициент рождаемости в России в 1980 – 2020 годах

1. Анализ данных на примере датасета за 1990 – 2020 годы

В качестве примера, возьмем статистику официальных данных за период 1990-2020 года. Набор данных содержит следующие поля: год, регион/область, естественный прирост населения на 1000 человек, кол-во рождения на 1000 человек, кол-во смертей на 1000 человек, прирост мигрирующего населения на 1000 человек.

Таблица

Основные характеристики

На 1000 человек	Естест-венный прирост (x1)	Кол-во рожде-ния (x2)	Кол-во смертей (x3)	Прирост мигриру-ющего населения (x4)	Населе-ние (x5)
Общее кол-во	2317	2317	2315	2330	2330
Среднее	-2.344022	11.549245	13.901382	68.474013	69.148704
Стандартное отклонение	6.064389	3.233035	3.499475	10.453587	13.349880
Минимальное	-15.9	6.2	3.2	37.5	23.63
Максимальное	24.8	29.9	24.9	97.53	100

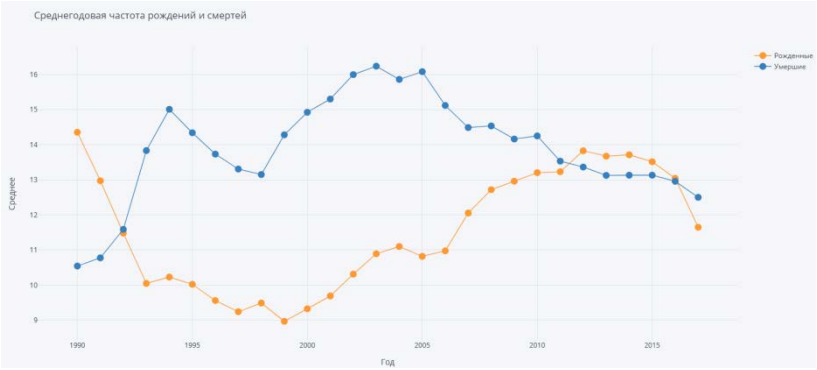


Рис. 2. График среднегодовой частоты рождений смертей

Из данных видно что рождаемость впервые превысила смертность только в 2012 году.

В регионах с высоким процентом городского населения общий демографический вес меньше, чем в регионах с небольшим показателем. В больших городах семьи имеют меньше детей, чем в городах и деревнях. Также мы видим, что в первые 10 лет нового века общий демографический вес был значительно ниже, чем в другое время. Это может быть связано с низкой рождаемостью и высокой смертностью в это время.

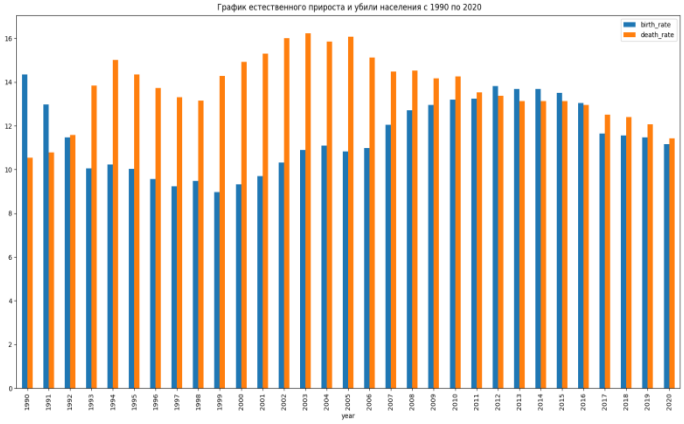


Рис. 3. График естественного прироста и убыли населения

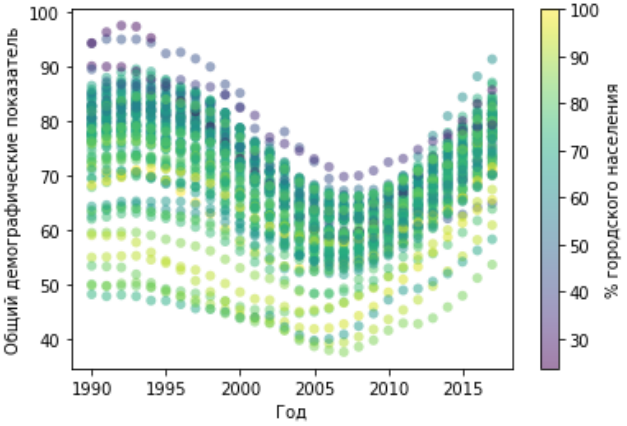


Рис. 4. Демографические показатели среди городского населения

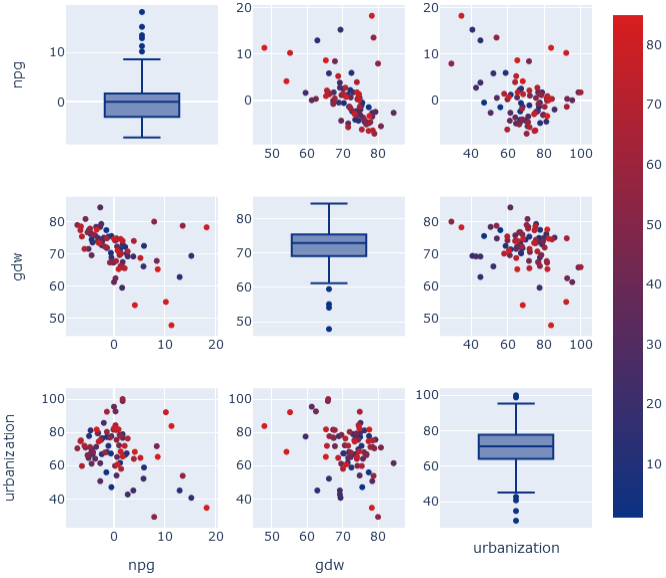


Рис. 5. Диаграмма рассеяния

Можно также получить список республик с самой высокой рождаемостью

region	birth_rate	death_rate
Chechen Republic	24.642857	5.480952
Tuva Republic	21.722581	11.677419
Republic of Ingushetia	19.023077	4.407692
Republic of Dagestan	18.219355	6.025806
Altai Republic	17.241290	12.300000
Sakha (Yakutia) Republic	15.606452	9.106452
Nenets Autonomous Okrug	15.158065	10.800000
Republic of Buryatia	14.525806	12.329032
Yamalo-Nenets Autonomous Okrug	14.158065	5.370968
Zabaykalsky Krai	14.032258	13.354839

Рис. 6. Список республик с самой высокой рождаемостью

2. Корреляционный анализ

Корреляционный анализ, совокупность основанных на математической теории корреляции методов обнаружения корреляционной зависимости между двумя случайными признаками или факторами.

Данный метод обработки статистических данных весьма популярен в экономике, астрофизике и социальных науках (в частности в психологии и социологии), хотя сфера применения коэффициентов корреляции обширна: контроль качества промышленной продукции, металловедение, агрохимия, гидробиология, биометрия и прочие. В различных прикладных отраслях приняты разные границы интервалов для оценки тесноты и значимости связи.

Популярность метода обусловлена двумя моментами: коэффициенты корреляции относительно просты в подсчете, их применение не требует специальной математической подготовки. В сочетании с простотой интерпретации, простота применения

коэффициента привела к его широкому распространению в сфере анализа статистических данных.

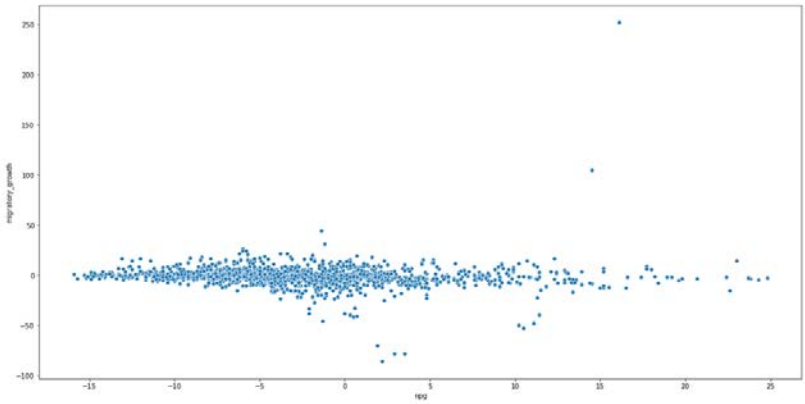


Рис. 7. Корреляция смертности и естественного прироста населения

Заключение

В данной статье была рассмотрена проблема демографии России, а также проведен основной анализ на наборе данных с 1990 по 2020 год населения России. С помощью методов машинного обучения можно построить и спрогнозировать модели, на которые можно будет ориентироваться в будущем, для устранения проблемы.

Список литературы

1. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов : учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

2. Data Mining: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/198?page=3/

3. Метод формирования модели анализа сложной системы Мокшин В. В., Якимов И. М. Информационные технологии. 2011. – № 5. – С. 46-51.

Секция 7
САПР и цифровые технологии

Архитектура интеллектуальной системы по контролю инструмента в бережливом производстве

Ведерникова Е. А.,
Д. А. Зиновкина, , email: xyxb@inbox.ru,
В. В. Сокольников

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Важность архитектуры проекта и ее применение в создании интеллектуальной системы контроля инструмента.*

Ключевые слова: *архитектура, интеллектуальные системы, авторизация, DNS-сервер, ID, нейросеть, юзабилити.*

Сегодня, в период постиндустриального развития, производственный сектор переживает значительные изменения, вызванные изменением технологических методов производства продукции, а также изменением основных концепций, обосновывающих организацию производства и управление предприятием.

Но в сложившейся ситуации российские предприятия замедлили темпы своего развития. Причиной такого торможения является малая активность предприятий во внедрении современных методов организации производственной деятельности, которая влечет за собой финансовые потери.

Одной из причин убытка производства является потеря или не исправность инструмента, которую вовремя не заметили. Время потраченное на поиск или замену неисправного инструмента уменьшает производительность предприятия.

Для решения проблемы необходимо создать удобное средство контроля. Данная разработка позволит контролировать инструмент в условиях производства, сократит время регистрации возврата набора в конце смены. За основу проекта взята нейросеть, которая будет распознавать инструмент на интеллектуальном стенде.

Так как анализа на тему распознования инструмента по средством нейросетей не найдено, данную работу можно считать новаторской.

Интеллектуальный стенд представляет собой вертикальную установку, на которой будут закреплены с помощью магнитных замков промаркированные инструменты. Из-за того, что на стенде могут быть представлены похожие по форме инструменты, метки на них позволят нейросети более точно определить наличие или отсутствие конкретного

© Ведерникова Е. А., Зиновкина Д. А., Сокольников В. В., 2022

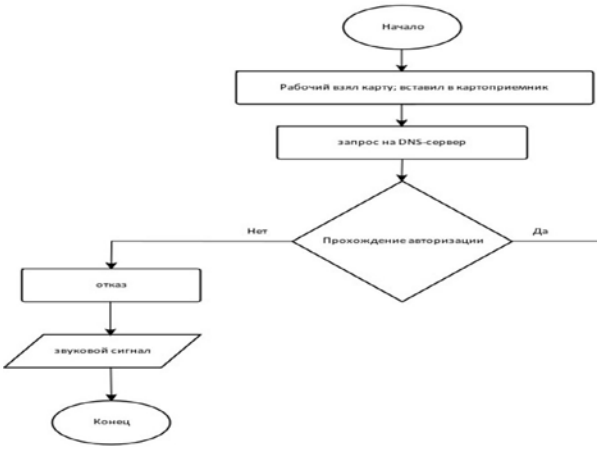
инструмента. Также сверху, согласно концептуальной идее, закреплена камера, благодаря которой будут получены данные о состоянии стенда. Еще одним устройством, встроенным в стенд, является пропускная система. Данная система обеспечивает безопасность от лиц, не имеющих доступ к инструментам, облегчает доступ и учет.

Основная часть архитектуры строится относительно интеллектуального стенда.

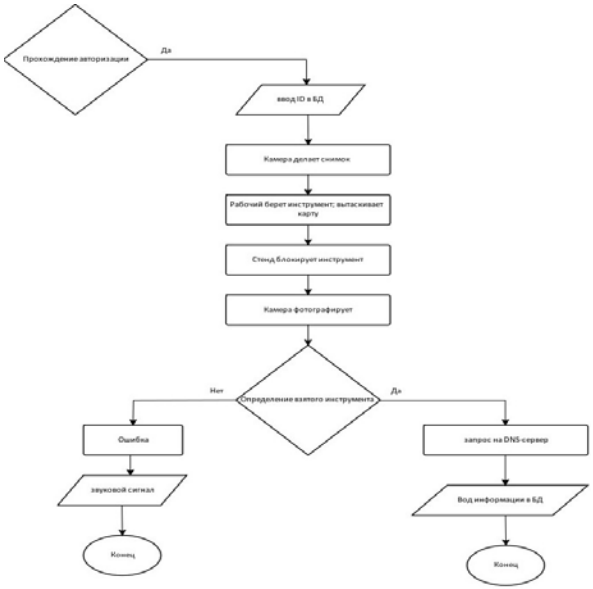
В начале рабочего дня рабочий вставляет карту в картоприемник, тем самым отправляет запрос DNS-серверу на авторизацию. При совпадении приходит положительный ответ в виде зеленой лампочки на картоприемнике. При отказе будет воспроизведен звуковой сигнал и загорится красная лампочка. При успешной авторизации в базу данных сервера вносится уникальный номер рабочего (ID). На моменте идентификации пользователя камера, установленная на стенде, делает снимок первоначального состояния инструмента. Обученная и натренированная нейросеть использует содержащийся датасет на основании которого принимает решение о содержимом стенда согласно внесенным в нее кейсам. Рабочий получает возможность получить любой инструмент со стенда поскольку магнитные замки, удерживающий оборудование, окажутся открытыми, после успешной авторизации. Индикатором завершения операции будет изъятие карты из картоприемника. Данное действие возобновит блокировку инструмента и осуществит запуск камеры. Сделав очередной снимок, нейросеть сравнивает конечное состояние стенда с начальным и по алгоритму, указанному выше, определяет отданный набор инструмента. На основе полученных данных от нейросети база данных обновляется, показывая актуальные сведения. В противном случае стенд воспроизведет сигнал об ошибке.

Юзабилити проекта подразумевает необходимость разработки мобильного приложения. В первую очередь оно предназначено для заведующих инструментальными складами. Стартовый экран встретит пользователя с приятными пожеланиями и полем для авторизации. Вход в аккаунт откроет полный функционал приложения. Заведующему будет доступно история взаимодействия с инструментом, архив уведомлений, паспорт инструмента (содержит дату приобретения, историю использования, рекомендуемый срок использования), информация о наличии, статистика за смену и рекордное. Большинство разделов обновляется после завершения операции получения инструмента. Каждое получение и возврат будут отображаться в виде уведомлений в нижней части экрана.

Блок-схемы архитектуры представлена на рисунках 1 и 2.



а



б

а-блок-схема ошибки авторизации, б – блок-схема при успешной авторизации

Рис. 1. Архитектура проекта в виде блок-схемы



Рис. 2. Блок-схема для приложения

Таким образом, сложная система легко разбираема на составные части и потоки данных, а также удобно представим. При хорошо описанной архитектуре легче увидеть недостатки и доработать.

Список литературы

1. Алгазинов, Э. К. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э.К. Алгазинов, А.А. Сирота. – М.: Диалог-Мифи, 2016. – 416 с.

2. Купер А. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия / Купер А., Рейман Р., Кронин Д., Носсел К. – М.:Питер СПб, 2018. – 720 с.

3. Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем / Н.В. Максимов, И.И. Попов, Т.Л. Партыка. – М.: Форум, 2013. – 512 с.

4. Паттерсон, Д. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем / Д. Паттерсон, Дж. Хеннесси. – М.: Питер, 2012. – 784 с.

5. Байкулов, Х.Х. Вопросы проектирования и производства запоминающих устройств / Х.Х. Байкулов, Я.М. Беккер, Б.Д. Платонов. – Л.: ЛДНТП, 2021. – 499 с.

Анализ методик бережливого производства

Д. А. Зиновкина, email: xyxb@inbox.ru
Е. А. Ведерникова,
О. В. Собенина

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Описана теоретическая часть применения методологий бережливого производства. Сравнение подходов, возможность совместного применения.*

Ключевые слова: *бережливое производство, lean, just-in-time, kaizen*

На сегодняшний день обеспечение стабильности, выполнение задач в срок в должном объеме, конкурентоспособность – ключевые потребности производственного процесса. Достижение баланса между низкими затратами и большим количеством выпуска когда-то казалось недостижимым. Появление в XX веке преобладающей революционной методологии «Фордизм» привело к желанию ее усовершенствовать и переосмыслить. Со временем новаторские решения и открытия сложились в бережливое производство (англ. lean).

Понятие «бережливое производство» стало доступным обывателю. Столкнувшиеся с разнообразными методологиями и работавшие на прогрессивных предприятиях хорошо с ним знакомы. Однако даже прямое восприятие термина дает понимание сути метода человеку, далекому от организации производственного процесса. Дэниел Джонс и Джеймс Вумек в своей книге писали: «Бережливое производство-это система организации производственного процесса, позволяющая произвести больший объем продукции/услуг при меньших усилиях на меньших производственных площадях и оборудовании при полном удовлетворении ожиданий потребителя».

Повышение производственных нагрузок стало толчком для оптимизации. Создание продукта подразумевает выполнение последовательности действий. Для всех областей применения Lean-производства характерны следующие принципы:

– Ценность. Выполняемое действие должно быть необходимо потребителю, должно качественно выполняться с первого раза, должно обеспечивать приближение продукта к конечному состоянию выпуска;

© Зиновкина Д. А., Ведерникова Е. А., Сокольников В. В., 2022

– Устранение потерь. Исключить действия, ведущие к перепроизводству, дефектам, снижению ценности, транспортировке, ожиданию, излишним запасам и действия;

– Непрерывность потока. Действия должны привести производство к равномерности и отсутствию перегруженности;

– Вытягивание. Производство осуществляется только по требованию заказчика строго в необходимом количестве;

– Эффективность.

Методология легко адаптируется под нужды сферы IT. Ликвидация потерь выполняется тестировщиками и фокус-группами. На основе отзывов пользователей исправляются ошибки и повышается юзабилити продукта. Это поможет избежать потерь времени и ресурсов при выпуске. Создание баз данных и таблиц позволит систематизировать знания и легче ориентироваться в данных. Тщательная подготовка к неотменяемым действиям снизит вероятность убытков. Один из принципов бережливого производства – ускорение операций по доставке услуги. Разработчики сокращают время отклика, когда это возможно для повышения скорости работы системы. Эффективная сторона рабочего процесса – уважение к коллегам и создание позитивных условий.

Одной разновидностью методологии является Just-In-Time. Из-за сходств производство JIT и бережливое производство кажутся одним и тем же. Но эти две производственные философии на самом деле имеют некоторые различия. Основное различие между lean и JIT заключается в том, что lean фокусируется на клиенте, в то время как JIT фокусируется на бизнес-стороне производственного процесса.

Компании, внедряющие бережливое производство Lean, стремятся сделать следующее:

– Устранить лишние материалы и процессы
– Оптимизировать производства
– Обеспечьте клиентам лучшее соотношение цены и качества

В бережливом производстве отходы обычно относятся к запасам. Таким образом, вместо того, чтобы хранить самые продаваемые товары на складе, производители производят продукцию по мере ее заказа. Этот простой шаг сокращает время и затраты на производство, что приводит к большему удовлетворению клиенту.

Конечной целью бережливого производства является улучшение производства ради того, чтобы клиент был доволен и возвращался за большим.

JIT – это философия непрерывного совершенствования, направленная на достижение производства мирового класса. Мощная

производственная операция JIT должна быть способна выполнить три важные вещи:

- Устранение отходов
- Сокращение изменчивость
- Повышение пропускной способности

В производстве JIT, как и в бережливом производстве, отходы-это все, что не добавляет ценности с точки зрения клиента. Таким образом, в этом случае такие вещи, как хранение продукции, проверки, задержки или дефектные продукты, будут считаться отходами.

Сокращение изменчивости является еще одним важным компонентом JIT. Это влечет за собой выявление и устранение всего, что отклоняется от оптимальности. Некоторые источники изменчивости включают неточные или неполные спецификации продукции, неизвестные требования клиентов и некачественные производственные процессы.

Когда отходы и изменчивость больше не вызывают беспокойства, повысить пропускную способность становится намного проще. Как правило, повышение пропускной способности включает оптимизацию времени, необходимого для прохождения заказа через производственный процесс.

В целом, то, что у вас есть с JIT, – это философия управления, которая поощряет принудительное решение проблем и отношение "сделай это правильно с первого раза", чтобы достичь наилучших возможных результатов.

Кайдзен – еще одна сложная концепция из области бережливого производства. В практике системы менеджмента это понятие имеет синоним – непрерывный процесс совершенствования. Основная идея системы заключается в подходе к проблемам на производстве. Развивается такая культура труда, в которой главная причинно-следственная связь не «ошибка-наказание», а «безошибочность-поощрение». Клиентоориентированность метода стремится к повышению удовлетворения потребителя. Полагается, что бизнес, нацеленный на высокую прибыль, должен в первую очередь позаботиться о требованиях клиента.

Различия lean и кайдзен выражаются в концепции перспективы подхода и в культурном аспекте. Бережливое производство как концепция использует набор инструментов, которые используются для минимизации потерь и убытков в общей цепочке производства. Это технический подход, решающий непосредственно производственные проблемы экономии и сбережения низкого уровня. Кайдзен решает более широконаправленные задачи о улучшении всей системы.

Осуществляется совершенствование окружающей и рабочей среды, взаимоотношение сотрудников, качество продукции и процессы.

В некоторых случая уместно совмещение нескольких методов. Противоречивый момент заключается в том, что, хотя все бережливые организации практикуют непрерывное совершенствование, не все организации, практикующие непрерывное совершенствование, являются бережливыми. Бережливость – это очень специфическая система и образ мышления, которые включают дисциплину непрерывного совершенствования во всем. Это является ключевым элементом. Lean обеспечивает структуру для постоянного совершенствования в достижении четких целей, доведенных до сведения всех вовлеченных людей. Эта методология позволяет достичь бережливости без инициативы работников. Кайдзен требует иного подхода, где каждый элемент производства должен быть вовлечен в процесс совершенствования.

Таким образом, бережливое производство – не инновационная система, однако перспективная и актуальная. Разные компании придерживаются разных методик, разнозначное эффективных в подходящей среде применения. Оптимизацию производства можно смело назвать базой развития и прогресса производства. Методологии приводят к разумному упорядочиванию процессов.

Список литературы

1. Джеймс П. Вумек, Дэниэл Т. Джонс. Бережливое производство. Альпина Бизнес Букс.М. 2005.

2. Акимов, А. Теория и практика бережливости / А. Акимов, В. Докучаев // Справ. по упр. персоналом. – 2009. – № 1 (январь). – С. 20-23.

3. Вучкович-Стадник: «Проникновение лин-идеологии должно быть стопроцентным» / А. Вучкович-Стадник ; беседовала К. Половинкина // Справ. по упр. персоналом. – 2009. – № 1 (январь). – С. 16–19.

4. Грачев, А. Н. «5S»: от метода к культуре / А. Н. Грачев, И. А. Киселев // Стандарты и качество. – 2009. – № 5. – С. 88–93. – Библиогр.: С. 93.

5. Захир, М. Б. Стратегия «явное превосходство» : конкурентоспособность производственного предприятия : явное превосходство / М. Б. Захир, А. В. Кашин // Российское предпринимательство. – 2009. – № 2, вып. 1. – С. 94–99. Козлов, В. Система кайдзен-предложений на ОАО «УАЗ» / В. Козлов // Справ. по упр. персоналом. – 2009. – № 11 (нояб.). – С. 35–45.

Контроль сдаваемого инструмента в рамках методологии бережливого производства

Д. А. Зиновкина, email: xyxb@inbox.ru
Е. А. Ведерникова,
В. В. Сокольников

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Разработан прототип приложения, распознающего инструмент при помощи нейросетей.*

Ключевые слова: *Качество, нейросеть, юзабилити, атоматизация, контроль, бережливое производство, интеллектуальный стенд, датасет, распознавание.*

С давних пор люди стремятся облегчить свой труд. Желание упрощения работы сподвигло человечество на научные и технические прорывы. Изобретения резко изменяли привычный быт. Создание многокомпонентных орудий и инструментов, первые механизмы, двигатели – индикатор прогресса. Одна из покоряемых вершин сегодня – нейросеть, подобная мозгу человека.

Более простые интеллектуальные системы уже внедрены в повседневную жизнь: контекстная реклама, рекомендации в новостной ленте, поиск по картинке.

Интерес к теме нейросетей особенно возрос в последнее время. Хорошо обученная система способна превзойти некоторые формы человеческого восприятия, такие как слух и зрение. Быстро и точно определяет дефекты, качество изделий, повышает юзабилити сайтов и приложений. Автоматизация процессов необходима для соответствия современным стандартам производства.

Для некоторых сфер внедрение нейросети особенно предпочтительно. В частности, для производства двигателей, обслуживания атомных станций. На таких предприятиях утеря инструмента недопустима.

В настоящий момент контроль сдаваемого инструмента на производстве осуществляется вручную. Человечекий фактор оказывает негативное влияние на надежность и быстродействественность методов. Доказанная эффективность методов бережливого производства приводит к необходимости автоматизации процесса получения и возврата инструмента.

© Зиновкина Д. А., Ведерникова Е. А., Сокольников В. В., 2022

Поскольку предыдущих исследований по теме распознавания инструмента найдено не было, данный труд можно считать инновационным. Научная новизна рассматриваемой методики выражается в уникальности впервые примененного решения автоматизации для процесса получения и возврата инструмента.

Проект подразумевает использование интеллектуальных стендов с камерой и системой контроля доступа, индивидуальных пропусков и портативного устройства на базе Android 9+. Основная функция итогового продукта – разпознавать инструмент. В данной статье отражены результаты по разработке интеллектуального приложения. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– Разработать мобильное приложение
– Разработать нейросеть
– Обучить нейросеть

В качестве среды разработки выбрана Android Studio. Алгоритм машинного обучения обеспечен открытой программной бибилиотекой TensorFlow.

В работе использовался датасет из 61 фотографий из разных категорий. Для проверки работоспособности и оценки перспективности развития проекта выбраны 4 группы изображений: пассатижи, гаечные ключи, отвертки и накидные головки. В дальнейшем перечень расширится.

Корректность работы распознающего алгоритма в прямой зависимости от обученности нейросети и схожести сканируемого объекта с изображением из загруженного набора. Помимо необходимости расширения базы инструментов, важно подбирать наиболее разнообразные изображения для охвата более широкого спектра разновидностей объектов. Алгоритм распознавания является итеративным, где "шаги" называют эпохами. За одну эпоху осуществляется одна проверка датасета на соответствие запросу. При обучении важно прибегать к использованию большого количества эпох. Большее количество определяет точность распознавания. Нейросеть, тренирующаяся на обучающей выборке, на основе входных и выходных данных анализирует объект исследования и находит закономерности. Количество необходимых наблюдений зависит от сложности решаемой задачи. В рамках проекта сложность высока из-за схожести инструмента на стенде и важности особо точной идентификации, поскольку проект ориентирован на опасные производства с тщательным контролем качества и целостности производимой продукции. Существуют субъективные правила определения оптимального количества эпох для

конкретного размера сети, однако доказательств правильности методов нет.

При отсутствии посторонних объектов точность распознавания находится в пределе 99,8%-100% (рис. 1).



Рис. 1. Проверка в идеальных условиях

Однако необходимо обеспечить высокую точность при неидеальных условиях. Нижний порог успеха – 96%.

Ориентация на сложные производства подчеркивает важность повышения точности. Меньшее количество сбоев повысит ценность продукта для заказчика и станет надежным решением автоматизации процесса.

Проверка качества распознавания проведена в разных условиях. Первый случай (рис. 2) – тренировка на реальном объекте. В объектив камеры добавлены посторонние предметы с целью снижения процента точности распознавания.

С целью максимального снижения качества изображения и затруднения идентификации инструмента третий опыт проведен над изображением с экрана монитора. Пиксельная сетка создает шумы и снижает точность. Порог успеха был так же преодолен, однако процентная составляющая оказалась ниже (рис. 3).



Рис. 2. Испытание приложение в затрудненных условиях

Последний опыт слабо коррелирует с реальной ситуацией на производстве, распознавания будет осуществляться на настоящих объектах. Тем не менее, целесообразность эксперимента неоспорима из-за необходимости проверки прототипа на качество работы и поиск уязвимостей в обучении нейросети. Эмпирически выявлена нестабильность приложения в непривычных условиях, что нежелательно для полноценного применения на производстве. Однако предыдущие опыты выявили достижимость поставленной задачи при должном уровне обучения.

В реальности подобная процедура будет проводиться на реальных объектах, закрепленных на интеллектуальном стенде. Однако подобная проверка помогает оценить надежность системы в тяжелых условиях.

Результаты исследования показали высокое качество распознавания даже с малым датасетом. Использование большего количества материала способно обеспечить более стабильную работу приложения. Перспективы развития многообещающие при должном уровне проработанности и обученности нейросети. Интеллектуальная система по контролю инструмента в дальнейшем способна стать гибким инструментом в различных отраслях.



Рис. 3. Испытание на изображении с экрана монитора

Список литературы

1. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингов. – М.: Машиностроение, 2015. – 280 с.

2. Купер А. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия / Купер А., Рейман Р., Кронин Д., Носсел К. – М.:Питер СПб, 2018. – 720 с.

3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Диалектика, 2019. – 1104 с.

4. Иттен И. Искусство цвета / Иттен И. –М.: Аронов, 2021. – 96 с.

5. Погребняк, С. Бережливое производство. Формула эффективности / С. Погребняк. – М.: Триумф, 2013. – 239 с.

Моделирование производственных процессов изготовления деталей в среде Anylogic

И. М. Кычкин, email: vip.kychkin@gmail.com
А. А. Минигалиев, email: ainurminigaliev4@gmail.com
В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет – КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Аннотация. *Рассмотрено программное обеспечение для имитационного моделирования – Anylogic. Разработана и использована в качестве примера функционала оптимизационная модель центра производства инструментов. В работе приведено описание созданной модели, ее алгоритма работы, результатов оптимизации и интерфейса.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, инструментальная среда Anylogic, производство, технологический процесс, интерфейс, пресс-формы.*

В современное время быстрое развитие информационных технологий привело к серьезным революционным изменениям в области моделирования систем. Если раньше в Российской Федерации доминирующим инструментом системного моделирования был специализированный язык GPSS, программное обеспечение GPSS World, Arena и большинство специалистов по моделированию знали его, то сейчас существует почти десяток других систем моделирования, которые позволяют вводить структуры моделируемых систем в графической форме. Также, существует множество актуальных задач по выбору системы моделирования для конкретной предметной области моделирования и возможности быстрого обучения моделированию в выбранной системе [1].

AnyLogic – программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис», англ. XJ Technologies). Инструмент обладает современным графическим интерфейсом и позволяет использовать язык Java для разработки моделей. Первая версия системы AnyLogic 4.0 разработана в 2003 году. Последняя – AnyLogic 8 была выпущена в 2017 году. Начиная с версии 8.0, среда разработки моделей AnyLogic интегрирована с AnyLogic Cloud, онлайн-сервисом для аналитики имитационных моделей. Система AnyLogic включает в

© Кычкин И. М., Минигалиев А. А., Мокшин В. В., 2022

себя графический язык моделирования и позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java [2].

В процессе разработки имитационной модели пользователю доступна «Палитра компонентов моделей». Она включает в себя совокупность библиотек по отдельным тематическим разделам. Объекты основной библиотеки AnyLogic являются строительными блоками, с помощью которых строятся структурные схемы модели. По своей функциональной принадлежности объекты подразделяются на несколько категорий.

Помимо этого, пользователю доступны библиотеки AnyLogic – это коллекции элементов, созданных для решения какой-то определённой задачи моделирования или описывающих какую-то прикладную область. AnyLogic включает в себя набор следующих стандартных библиотек: библиотека моделирования процессов, пешеходная библиотека, железнодорожная библиотека, библиотека моделирования потоков, библиотека дорожного движения, библиотека производственных систем. Помимо стандартных библиотек пользователи могут создавать свои собственные и использовать их для создания моделей [4, 5].

Используя пример модели, можно качественно продемонстрировать возможности программы Anylogic. В нашем случае была использована библиотека Process Modeling Library (Библиотека моделирования процессов). Она разработана для поддержки дискретно-событийного моделирования. Process Modeling Library позволяет моделировать системы реального мира с точки зрения заявок (сделок, клиентов, продуктов, транспортных средств, и т. д.), процессов (последовательности операций, очередей, задержек), и ресурсов.

Подробное описание модели приведено в ранних статьях авторов [3]. Тем не менее, кратко модель можно представить так. В систему поступает заявка от заказчика (Заявка), после чего начинается процесс ее обработки. Как только заявка будет обработана, происходит процесс проектирования оснастки (Проектирование_оснастки). Следующий этап – это производство отдельных частей пресс формы. При производстве каждой части пресс-формы проводятся различные виды обработок (слесарная, фрезерная и т.д.). После завершения изготовления каждой из частей пресс-формы происходит процесс сборки. Далее идут приемочные испытания в ЦПИ (Приемочные_испытания_в_ЦПИ), и после испытаний форма передается заказчику (передача_формы_заказчику). После завершения передачи проводятся приемо-сдаточные испытания у заказчика (Приемо_сдаточные_испытания_у_заказчика). На каждом из этапов происходит проверка, в случае не прохождении проверки, пресс-

форма отправляется на доработку, в противном случае процесс производства пресс-формы завершается.

Опишем процесс получения статистики с модели, а конкретно: определим среднее время обработки заявки и построим гистограмму. На рис. 1 представлен участок модели, отвечающий за обработку заявки.

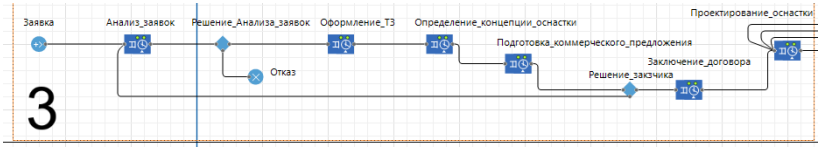


Рис. 1. Обработка заявки

На блоке “Анализ_заявок” при входе в параметр агента-заявки зафиксируем значение текущего модельного времени, т.е количество единиц модельного времени, прошедшее с начала запуска модели с помощью системной функции “time()” (рис.2).

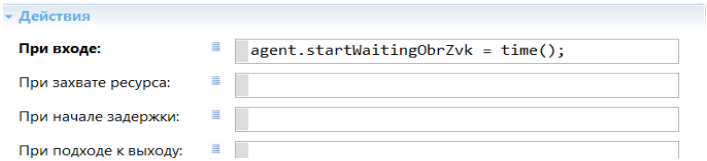


Рис. 2. Фиксация текущего модельного времени

Далее в блоке “Заключение договора” на выходе найдем разницу между текущим модельным временем и тем, которое мы зафиксировали в параметр агента “startWaitingObrZvk”. Результат этой разницы добавим в данные нашей гистограммы (рис. 3.).



Рис. 3. Нахождение среднего времени обработки заявки

Данные гистограммы, в которую мы записали среднее время, указывается в параметрах гистограммы в поле “Данные” (Рис.4).

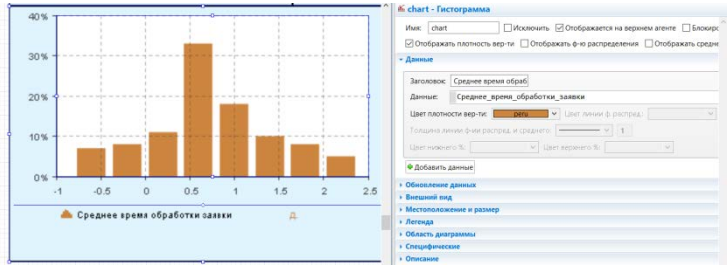


Рис. 4. Гистограмма для среднего времени обработки заявки

Для данной модели был разработан интерфейс, представляющий собой первичную форму предзапуска симуляции (Рис. 5.) и главную форму, содержащую меню (Рис. 6, 7).

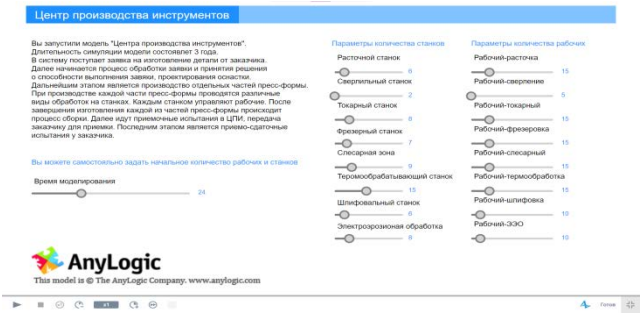


Рис. 5. Первичная форма предзапуска симуляции

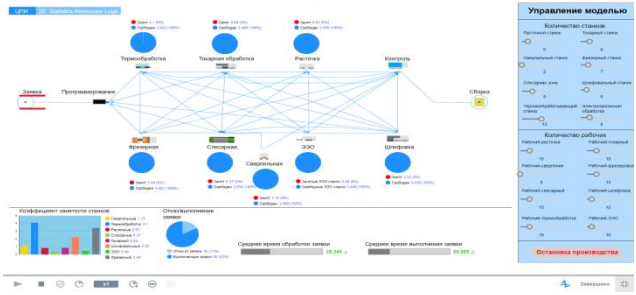


Рис. 6. Главная форма



Рис. 7. Меню

Меню обладает простым и достаточным функционалом. “2D” – является вкладкой главной формы и содержит в себе основные элементы управления и схему-структуру связной работы станков, а также основные диаграммы моделирования. “Statistics” – является вкладкой формы статистики по модели. Здесь представлена информация, необходимая для анализа работы модели (Рис. 8).

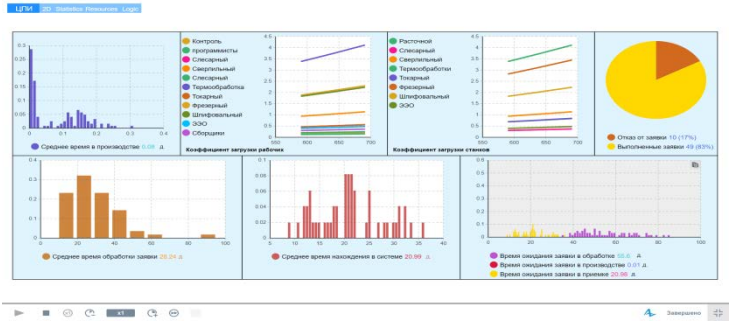


Рис. 8. Вкладка “Statistics”

Вкладка “Resources” представляет собой окно информации о примененных агентах, ресурсов для станков и для производства (Рис. 9.)

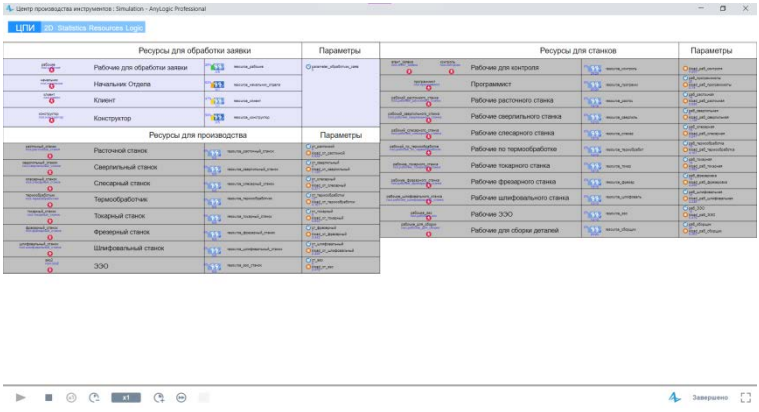


Рис. 9. Вкладка “Resources”

Последняя вкладка “Logic” предназначена для визуального ознакомления с логикой работы модели. Данная вкладка делится на несколько вложенных подзон, для детального масштабирования начальных и завершающих процессов производства (Рис. 10, 11).

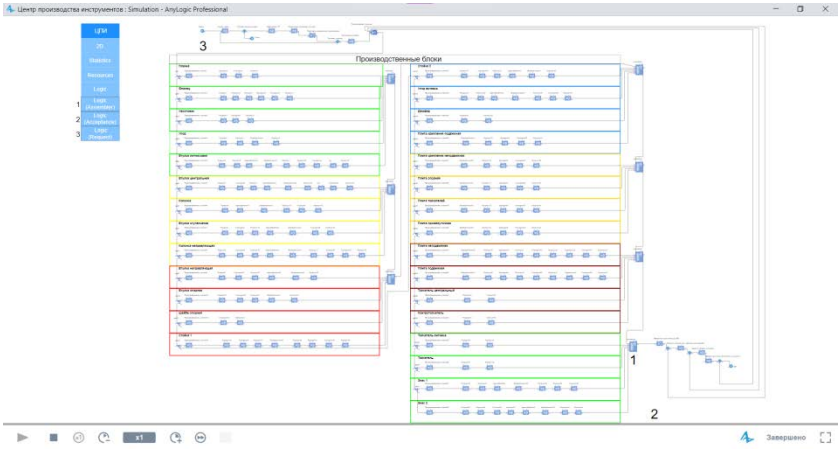


Рис. 10. Вкладка “Logic”

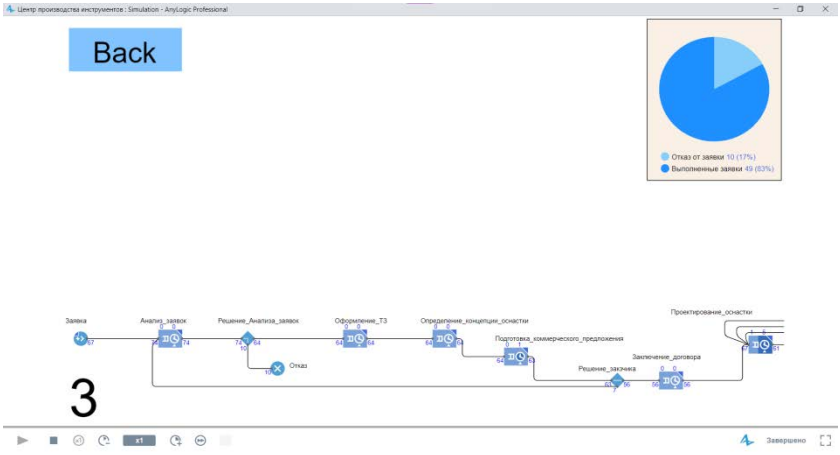


Рис. 11. Вкладка подзоны “Logic (Request)”

В результате работы модели, мы получили следующие оптимизационные данные (Таблица). Они позволяют нам сделать вывод о необходимости уменьшения/увеличения количества рабочих и станков,

тем самым мы уменьшаем простой ресурсов и увеличиваем производительность ЦПИ.

Таблица

Результаты оптимизационного эксперимента

Наименование параметра	Описание	Исходное значение, штук	Нижняя граница, штук	Верхняя граница, штук	Оптимальное значение, штук
раб_расточная	Количество рабочих на расточных станках	5	5	40	12
раб_сверлильная	Количество рабочих на сверлильных станках	5	5	40	37
раб_слесарная	Количество рабочих на слесарных станках	5	5	40	18
раб_термообработки	Количество рабочих на станках термообработки	5	5	40	37
раб_токарная	Количество рабочих на токарных станках	5	5	40	5
раб_шлифовальная	Количество рабочих на шлифовальных станках	5	5	40	9

Таким образом, можно сделать вывод что программное обеспечение для имитационного моделирования – Anylogic обладает достаточным количеством инструментария, необходимого для гибкого создания модели, а также user-friendly интерфейса, что дает возможность осуществлять качественное моделирование, комфортную настройку и анализ полученных данных.

Список литературы

1. И. М. Якимов, Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №13. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-slozhnyh-sistem-v-imitatsionnoy-srede-anylogic (дата обращения: 18.12.2021).

2. Anylogic – Википедия. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/AnyLogic (дата обращения: 17.12.2021).

3. А.А. Минигалиев, И.М. Кычкин. Оптимизация имитационной модели производства пресс-форм в среде Anylogic // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 10–11 ноября 2021 года: Материалы конференции. Сборник докладов.

4. Якимов И. М., Кирпичников А. П., Трусфус М. В., Мокшин В. В. Сравнение систем структурного и имитационного моделирования Anylogic, Extendsim, Simulink // Вестник Технологического университета. 2017. – Т. 20. – № 15. – С. 118-122.

5. Мокшин В. В., Кирпичников А. П., Марусина О. К., Зиятдинов Д. М., Евлампьев В. А., Шириазданов Р. Р Имитационное моделирование процесса сортировки и выдачи багажа в аэропорту // Вестник Технологического университета. 2019. – Т. 22. – № 6. – С. 150-156.

Визуализация вербализированного решения командира

С. А. Никулин, e-mail: Nikulin1958@bk.ru
В. Н. Кармнов, e-mail: VAIU71@yandex.ru
А. А. Щербаков

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы автоматизации процесса подготовки командиром подразделения планирующих документов на перемещение.*

Ключевые слова: *Программное обеспечение, планирующие документы на перемещение, автоматизированное рабочее место командира.*

Введение

Полнота и своевременность информационного обеспечения командира (штаба) в процессе выработки решения и планирования операции составляет одну из важнейших задач теории и практики управления. Это обстоятельство обуславливается целым рядом причин, в первую очередь, значительным количеством источников информации, большим разнообразием способов ее получения, трудоемкостью обработки и анализа. Вместе с тем скоротечность изменения обстановки при ведении боевых действий требует повышения оперативности в работе, в том числе за счет сокращения времени на обработку, анализ и выдачу информации, что обусловливает необходимости применения информационных технологий при разработке и оформления документов должностными лицами военного управления.

1. Алгоритм разработки командиром планирующих документов на перемещение

В современных условиях без надежной и бесперебойной связи, автоматизации управления невозможно обеспечить непрерывное и устойчивое управление авиацией, а, следовательно, и достижение успеха в бою и операции.

При этом, актуальным направлением является повышение качества и своевременности разработки должностными лицами органов управления планирующих, распорядительных и рабочих документов по

© Никулин С. А., Кармнов В. Н., Щербаков А. А., 2022

всем видам деятельности, в том числе при перебазировании на оперативный аэродром наземным транспортом.

Заблаговременная подготовка к перемещению автомобильным транспортом включает комплекс мероприятий, проводимых в ходе повседневной деятельности войск, включающий планирование, подготовку личного состава, техники и имущества подразделений, направленный на решение задач перемещения подразделений в новый пункт назначения.

Планирование в этот период включает:

– определение возможных вариантов перемещения;

– определение состава команд (групп), распределение личного состава и имущества;

– разработку расчетов потребного количества транспортных средств для перевозки личного состава и имущества;

– разработку мер обеспечения безопасности и скрытности управления;

– обеспечение маскировки, охраны и обороны автомобильных колонн на марше и в местах привалов.

В ходе планирования перемещения отрабатывается план перемещения, основу которого составляет решение командира, разработанное на карте с приложением пояснительной записки. На рабочей карте командира подразделения связи отражаются: положение и действия противника и своих войск, аэродромы базирования; маршрут движения наземного эшелона, рубежи регулирования колонн, районы отдыха, дозаправки автомобилей, пункты управления и другие элементы марша.

При отработке рабочей карты и других документов командир подразделения руководствуется алгоритмом разработки планирующих документов на перемещение (рис. 1).

К планирующим документам на перемещение относятся:

– рабочая карта командира подразделения (командира автоколонны);

– временной график перемещения;

– схема состава и построения автоколонны на обеспечение марша;

– схема организации связи на марше;

– таблица позывных должностных лиц колонны;

– таблица сигналов управления и взаимодействия.

Наиболее трудоемкая процедура, требующая значительного времени, заключается в расчете показателей марша:

– протяженность маршрута и его участков движения;

– скорость движения на участках маршрута;

– расчет средней скорости движения;
– расчет длины автоколонны;
– расчет времени марша;
– расчет потребного количества горюче-смазочных материалов (ГСМ) и т.д.

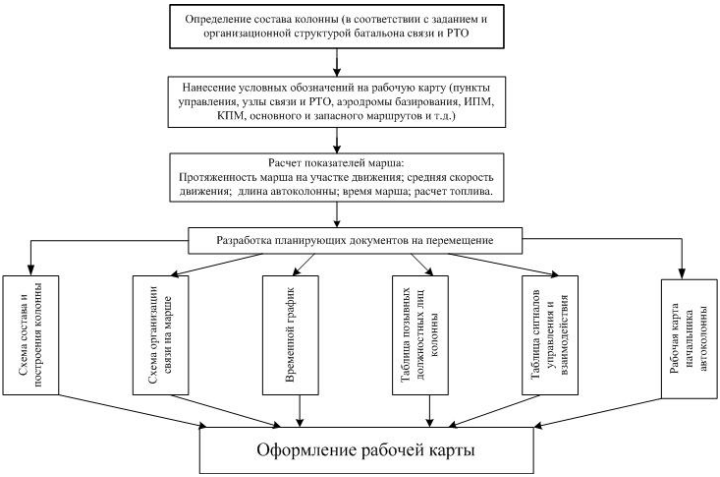


Рис. 1. Алгоритм разработки планирующих документов на перемещение

При оформлении схемы построения автоколонны, схемы организации связи, таблицы сигналов, переговорной таблицы необходимо учесть соответствие количества и тип средств связи, выносимых на схему построения автоколонны и применяемых в схеме организации связи [1].

Для организации связи внутри колонны в состав штатной техники входят радиостанции малой мощности типа Р-168 -01У, Р-168-5КН, для обеспечения управления с КП авиационного полка необходимо использовать передвижную радиостанцию Р-161, в кабине которой в ходе марша должен находиться начальник автоколонны.

Анализ алгоритма работы командира подразделения при принятии решения на перемещение показал, что данный процесс достаточно трудоемкий и занимает значительный временной ресурс. Для сокращения времени цикла отработки документов и принятие решения на перемещение должностными лицами сформулируем содержательную часть постановки задачи исследования, которая заключается в следующем.

Программное обеспечение сокращает многие затраты и усилия, делает управление более простым, заменяет большие архивы. Кроме того, оно гарантирует точность и оперативность в любом деле любого специалиста, что повышает производительность любого труда, в том числе и военного руководителя подразделения. Поэтому цель работы – разработать приложение АРМ командира подразделения по автоматизации подготовки документов на перемещение.

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач:

– выбрать средства и среду разработки;

– сформировать и разработать базу данных с пунктуальной информацией о видах разрабатываемых планирующих документов на перемещение;

– обеспечить ускоренную обработку информации и формирование необходимых отчетов (рабочая карта, схемы и таблицы);

– снизить вероятность ошибок, вызванных человеческим фактором;

– создать систему автоматизации оперативного руководства рутинными операциями на различных этапах разработки документов;

– сделать пользовательский интерфейс легко осваиваемым, приятным, психологически комфортным.

Результат работы – приложение автоматизированного рабочего места командира подразделения, позволяющее сократить время на отработку документов на перемещение, повысить штабную культуру и качество планирующих документов.

2. Автоматизация процесса подготовки командиром подразделения планирующих документов на перемещение

Сегодня практически ни одна сфера деятельности человека не обходится без информационных технологий. Активно развиваются и различные средства разработки приложений. В настоящей работе при разработке приложения автоматизированного рабочего места командира подразделения с поддержкой принятия решения на перемещение был использован Visual Studio от компании Microsoft – как среда для разработки. Эта программа позволила разработчику создать консольные приложения и приложения с графическим интерфейсом, с поддержкой среды Windows Forms. Еще одним программным средством разработки стал фреймворк – .NET Framework – как компьютерная платформа, которая упростила разработку приложения и позволила реализовать массу различных функций и взаимодействия с базой данных (БД), интерфейсами (например, Windows Forms, отвечающий за графический интерфейс пользователя. В качестве языка программирования

использовался Java Oracle, выполняющий функцию стартовой площадки для написания, отладки и сборки кода.

Описание контекстной диаграммы приложения АРМ представляет собой последовательное описание документов (рабочая карта начальника автоколонны, различные схемы и таблицы) с момента введения исходных данных (должностные лица, позывные пунктов управления, исходный и конечные пункты маршрута, дату и время выхода автоколонны и т.д.) до выдачи выходных документов, файлов, оперативной постоянной и итоговой информации.

После создания контекстной диаграммы вся система разбивается на подсистемы, и каждая подсистема описывается отдельно. При необходимости, каждая подсистема разбивается на более мелкие и так далее до достижения нужной степени подробности. В результате каждый фрагмент системы отображает разработку конкретного планирующего документа на перемещение.

При декомпозиции системы получилось 8 основных процессов, позволяющих разработать:

– расчеты показателей марша;
– временной график на перемещение;
– схему состава и построения колонны на обеспечение марша;
– схему организации связи внутри колонны и с пунктом управления;
– таблицу позывных должностных лиц колонны;
– таблицу сигналов управления и взаимодействия;
– переговорную таблицу для управления колонной;
– рабочую карту начальника автоколонны.

При запуске приложения – автоматически откроется форма меню (рис. 2).

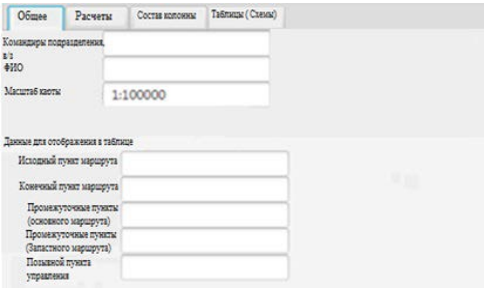


Рис. 2. Содержание формы меню

Данное меню позволит в диалоговом режиме:

1. Вводить общую информацию (данные о командире подразделения связи, РТО и АСУ, информацию о маршруте, масштабе топографической карты и т.д.).

2. Производить расчеты параметров марша (рис. 3).

3. Формировать состав и построения автоколонны (рис. 4).

4. Создавать таблицы и схемы, входящие в состав планирующих документов на перемещение.

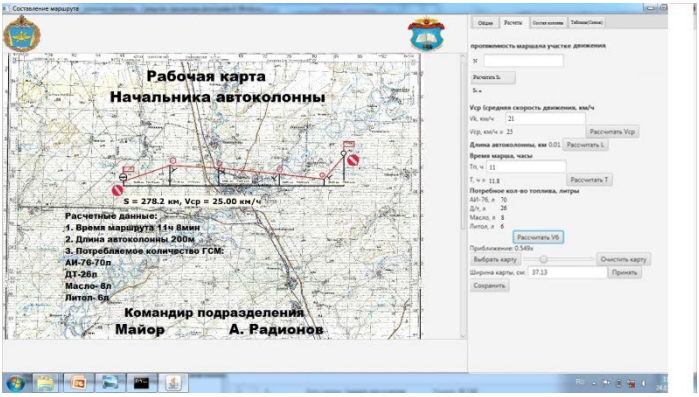


Рис. 3. Форма меню «расчеты»

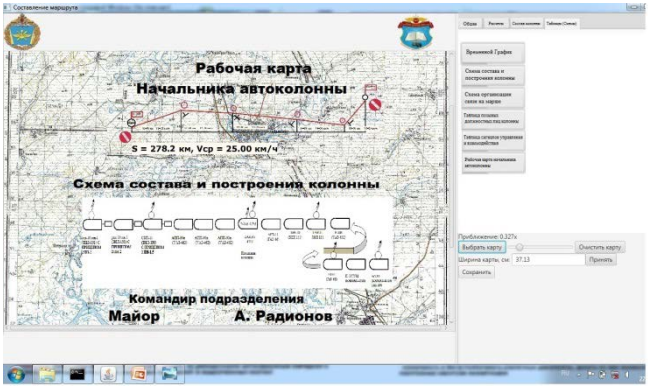


Рис. 4. Фрагмент формирования состава и построения колонны

Кроме того, в приложении имеются справочники, в частности данные для расчета ГСМ, характеристики специальных машин, стоящих на вооружении подразделения. Программа позволяет командиру

изменять информацию в них (добавлять, удалять), а в режиме поиска искать конкретные данные.

Достоинства приложения:

– удобный пользовательский интерфейс, при котором пользователю приложения не нужны профессиональные знания программиста, ему достаточно лишь элементарных знаний работы с ПК;

– возможность расширения базы данных;

– оперативность в документообороте и поиске конкретных данных;

– экономия рабочего времени командира в процессе выполнения и оформления планирующих документов на перемещение;

– повышение оперативности получения и обработки информации.

Таким образом, разработанное приложение позволяет автоматизировать процесс подготовки командиром подразделения целого ряда планирующих документов, разрабатываемых при принятии решения на перебазирование.

Заключение

Результатом работы является разработка приложения автоматизированного рабочего места командира подразделения по автоматизации подготовки документов на перебазирование на оперативный аэродром.

В приложении предусмотрено создание и сохранение новых записей, коррекция старых, просмотр информации, касающейся всего спектра разработки документов. Оно позволяет командиру подразделения полностью автоматизировать процесс получения подробной информации о документах на перемещение.

Приложение оформлено в формате законченного программного продукта. Но, при необходимости, приложение АРМ командира подразделения по автоматизации подготовки документов на перебазирование может быть модифицировано, откорректировано в деталях, которые не были учтены разработчиком приложения.

Список литературы

1. Никулин, С.А. Разработка автоматизированного рабочего места командира бсрто с поддержкой принятия решения на перемещение /С.А. Никулин, А.П. Радионов // Молодежные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина: сб. тр. VIII Межвузовской научно-практической конф. курсантов и слушателей. – ВУНЦ ВВС «ВВА», 2021. – С. 103-106.

Проектирование модульной структуры нижнего уровня информационной системы учета готовой продукции

М. В. Паринов, email: parmax@mail.ru [1]
К. В. Костин, email: phantasyftw@bk.ru [1]
Н. А. Чернышов, email: chernyshovkolya1994@mail.ru [1]
П. В. Шуваев, email: asutp3@molvest.ru[2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Молочный комбинат «Воронежский»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности проектирования нижнего уровня аппаратно-программного комплекса учета готовой продукции. Рассматривается специфика разработки программного обеспечения для современных микроконтроллеров. Обсуждаются принципы программной реализации, предлагается деление на модули и реализация связей между ними. Поднимаются вопросы расширения и масштабирования системы*

Ключевые слова: *Информационная система, микроконтроллер, модульная структура, операционная система реального времени, задача, объект.*

Введение

Особенностью рассматриваемой в статье задачей является ее реализация на современном мощном микроконтроллере. Подход программирования под подобные решения достаточно близко к типовым подходам разработки программного обеспечения для настольных компьютеров и мобильных устройств. При этом он значительно отличается от классических методов программирования микроконтроллеров. Однако наличие аппаратных устройств и ограниченные ресурсы требуют специального подхода.

В данной работе рассмотрено проектирование достаточно объемной информационной подсистемы с учетом изложенных выше факторов. Выполнен анализ различных подходов. Выбран наиболее перспективный с позиции авторов, описана его реализация.

1. Выбор и обоснование методики реализации

На основании технического задания и описания распределения процессов во времени, представленном диаграммой последовательности, возможно определить модульную структуру проектируемой подсистемы.

© Паринов М. В., Костин К. В., Чернышов Н. А., Шуваев П. В., 2022

Данная структура жестко привязана к инструментальным средствам реализации продукта и поэтому не может быть инвариантной. Основная проблема заключается в использовании специфической аппаратной платформы.

Выбранный микроконтроллер семейства STM32 [1] позволяет использовать объектно-ориентированный подход программирования. Однако в большинстве случаев в процессе разработки для подобных систем применяется процедурный подход. Это связано со значительной экономией ресурсов. В частности, использования объектов в младших моделях может привести к нехватке встроенной оперативной памяти.

Процедурное программирование [2] имеет ряд классических общеизвестных недостатков для реализации достаточно сложных систем. Они известны и не требуют анализа в данном материале. Однако специфика микроконтроллерной техники вносит дополнительные проблемы реализации достаточно сложных систем. Они следуют из привязки аппаратно-программной платформы к достаточно жесткому реальному времени.

Обеспечение работы большинства аппаратных ресурсов микроконтроллера требует соблюдение четких временных интервалов. Задача достаточно легко реализуется при необходимости реализации отдельных процессов реального времени, выполняемых последовательно по жесткому алгоритму. Однако для сложных информационных систем типовой задачей является параллельное их выполнение, а также нечеткий сценарий вызова процессов.

Управление прерываниями и тщательное планирование таймингов позволяют решить данную задачу. Однако подобный подход значительно увеличивает время разработки, а в ряде случаев даже не позволяет достичь удовлетворительных результатов без привлечения специалистов высочайшего класса.

Реализация сложных классических процедурных микроконтроллерных проектов с наличием значительного фрагмента кода реального времени в настоящее время типична только для отдельных сфер хозяйственной деятельности [3-5]. Например, для авиакосмической отрасли. Обычно в типовых проектах применяют методы декомпозиции, которые позволяют разделить сложную систему на подсистемы. Задача может быть разделена между несколькими микроконтроллерами, а также реализована с применением операционной системы, где каждая из отдельных задач является отдельным инкапсулированным процессом.

Использование избыточного числа ядер микроконтроллера является достаточно редким решением. Оно значительно удорожает аппаратную

часть и требует сложной реализации между отдельными объектами, что иногда недопустимо из-за недостаточной скорости обмена.

Операционные системы реального времени (ОСРВ) на микроконтроллерах в настоящее время крайне популярны. Они позволяют решить поставленную задачу с наименьшими трудовыми и финансовыми затратами. К недостаткам ОСРВ следует отнести некоторую сложность реализации программного кода, что требует определенного набора знаний и навыков программиста.

Следующий недостаток, который ряд специалистов считает критическим – это потеря полного контроля жесткого реального времени и возможность возникновения сбоев из-за использования в проекте сторонних программных продуктов (операционная система, драйвера и так далее). Данный недостаток является спорным. В частности, некоторые компании разрешают использование ОСРВ в гражданской авиации в составе критичных компонентов. Однако большинство современных проектов в области авиакосмической техники стараются избегать использования операционных систем.

Необходимо отметить, что разрабатываемый продукт относится к системам учета готовой продукции. Таким образом, его невозможно причислить к программам с особыми требованиями надежности. Также следует отметить, что общая архитектура системы эффективно противостоит сбоям различных подсистем. При этом авторам неизвестны исследования, которые показывают факт снижения надежности программного продукта при использовании ОСРВ.

На основании этого можно обосновать целесообразность использования операционной системы реального времени в создаваемом проекте. Также следует отметить ряд дополнительных достоинств данного подхода. Основным преимуществом является инкапсуляция задачи и ее абстрагирование от других объектов. Это значительно повышает надежность в целом, существенно снижая риск фатального сбоя микроконтроллера в целом при аварии отдельной задачи. Следующим существенным преимуществом является простота расширяемости при сохранении режима, приближенного к реальному времени.

При использовании процедурного программирования микроконтроллера в связке с ОСРВ реализуется специфическая блочная структура программы. Она похожа на объектно-ориентированную модель, но при этом, оперируя точными определениями, используемая реализация является процедурной.

2. Реализация модульной структуры подсистемы

Нам неизвестны специальные инструментарный средства описания проектных решений данного типа. Анализ типовых диаграмм UML показывает, что существующие элементы могут быть с некоторыми допущениями применены для описания модульной структуры создаваемой подсистемы. В частности, нами предложено использовать типовую диаграмму классов UML [6,7]. При этом каждый объект на диаграмме является задачей операционной системы.

Показанная на рис. 1 диаграмма позволяет представить состав каждой отдельной задачи, которая по факту является сродним классу объектом в объектно-ориентированном программировании. Связи между объектами на диаграмме соответствуют правилам построения диаграмм классов, их представление описывает назначение и особенности.

Рассмотрим структуру функциональных объектов, каждый из которых является отдельным объектом ОСРВ. Основным из них является центральный диспетчер (mCU manager). В текущей версии информационной системы он будет представлен единой задачей, реализованной без объектно-ориентированного подхода внутри. Однако чтобы показать его функциональность и сложность реализации он разбит на несколько подобъектов. Дочерние объекты связаны с родительским связью агрегации, которая показывает их подчиненную роль, выполняющую ряд определенных функций в составе более крупного структурного элемента. В дальнейшем планируется разделение этих дочерних объектов между отдельными задачами операционной системы.

Родительским элементом центрального диспетчера в основном выполняются функции, отвечающие за реализацию регулярных процессов во времени. Основными функциями является запуск планировщика (startScheduler()) и функция обновления параметров (changeSchedulerParams()).

Базовый набор параметров, с которыми запускается задача в текущей версии системы представлен следующими элементами: стартовые параметры (startParameters) фактически не являются единым информационным объектом, включая в себя множество разнообразных данных, описывающие специфику работы основного планировщика задач; базовый сценарий (baseScenario) определяет алгоритм работы центрального диспетчера, он вынесен в отдельную группу, так как чрезмерно значителен для роли параметра; расписание (timeTable) также может быть отнесено к параметрам, но вынесено в отдельную группу по причине крупной специфичной структуры, описывающей распределение всех процессов диспетчера во времени; список процессов (processesList) в настоящее время статичен и также является параметром, но в

дальнейшем при создании отдельных задач ОСРВ для каждого дочернего объекта диспетчера он будет использован при динамическом создании подчиненных задач.

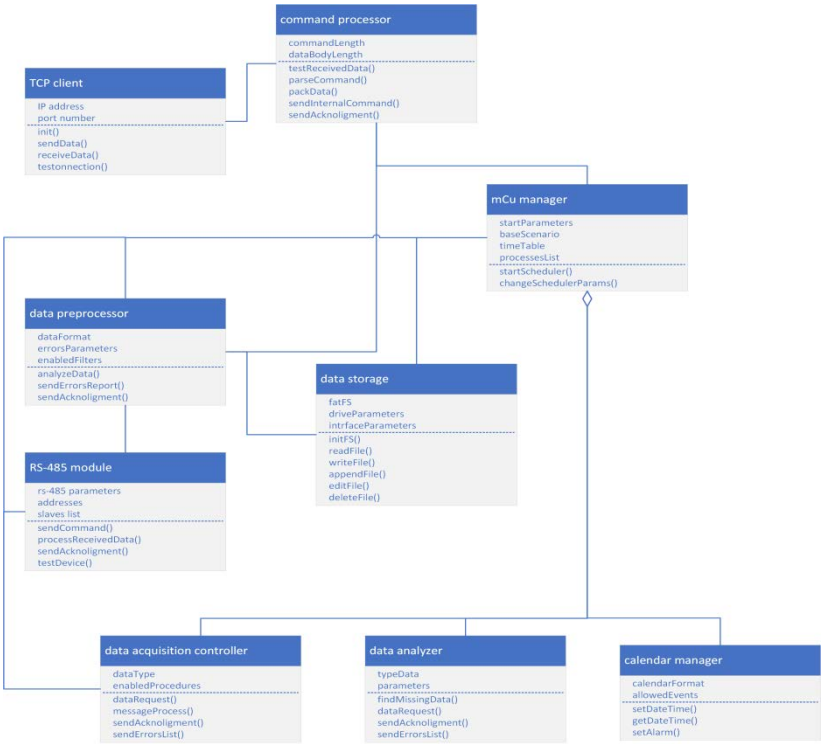


Рис. 1. Модульная структура подсистемы

Центральный диспетчер связан ассоциативностями со всеми объектами, исключая TCP клиент. Данные связи будут представлены в описании каждого ассоциированного объекта. Также необходимо отметить, что TCP клиент может получать базовые подтверждения от центрального диспетчера, но они не показаны в виде связи в связи с их незначительно функциональностью.

Рассмотрим дочерние объекты, агрегатируемые центральным диспетчером. Наиболее важным является модуль получения данных от счетных устройств (data acquisition controller). Он отвечает за процесс получения данных от внешних устройств учета. В его функциональность входит формирование команд модулю управления внешними

интерфейсами, оценка ответов от данного модуля, препроцессора обработки и модуля управления внешней памятью. На основе полученных ответов данный объект принимает решение о корректном завершении сбора счетных данных или о повторении неудачных действий.

В состав базовых параметров модуля получения данных от счетных устройств входит описание обрабатываемых типов данных (dataType) и список используемых процедур (enabledProcedures). Список процедур показывает, какие методы обработки информации будут использованы в данный момент. Они могут отличаться для различных счетных устройств и/или для различной продукции.

В качестве базовых функций модуля получения данных от счетных устройств выделим следующие: запрос данных от модуля управления внешними интерфейсами (dataRequest()) выполняет типовые аппаратноабстрагированные запросы к счетному оборудованию; процессор типовых сообщений (messageProcess()) обрабатывает ответы от смежных модулей и отвечает за решения о взаимодействии; функция отправки подтверждения (sendAcknoligment()) применяется для положительного ответа на направленные запросы; в случае выявления ошибок при отработке типовых сценариев предусмотрена функция отправки списка ошибок (sendErrorsList()).

Анализатор данных (data analyzer) выполняет анализ имеющихся данных в дисковой памяти при получении внешнего запроса. Данный объект должен определить наличие возможности выдачи валидных данных в полном объеме. Существует малая вероятность низкого качества данных. В этом случае данные должны быть запрошены со счетного устройство повторно, если срок их хранения на нем не вышел. Однако наиболее распространенной ситуацией является получение внешнего запроса, требующего данные, которые еще не были сохранены во внешней памяти. В этом случае анализатор данных должен определить, какие данные следует запросить от оборудования, а какие можно получить из имеющегося банка данных. При этом рассматриваемый модуль ответственен за все процессы управления подчиненными модулями, а также обработку и сохранение новых данных на дисковом накопителе.

В базовой версии объекта анализатора данных мы выделим следующие параметры: типы данных (typeData), описывающие запрашиваемые данные и список общих параметров (parameters), отвечающих за функционирование модуля и параметры обработки. К функциям модуля стоит отнести: функцию поиска недостающих данных (findMissingData()), которая определяет необходимые, но отсутствующие

в дисковой памяти параметры; функции запроса данных от различных источников (dataRequest()), данный набор включает несколько схожих функций; функцию формирования и отправки подтверждения операций (sendAcknoligment()); а также функцию формирования и отправки перечня ошибок при их возникновении (sendErrorsList()).

В отдельный подмодуль центрального диспетчера вынесен объект для работы со встроенным календарем (calendar manager). Он выполняет управление аппаратными ресурсами часов реального времени (RTC), а также включает ряд функций по обработке календарных событий. К базовым параметрами данного обьекта относится формат календаря и часов (calendarFormat), а также список разрешенных календарных событий (allowedEvents). Базовыми функциями являются функция установки даты и времени (setDateTime()) и обратная ей функция их получения (getDateTime()), также отметить функцию установки события по времени (setAlarm()).

Модуль управления внешними интерфейсами (RS-485 module) используется для реализации абстракции запросов к счетному оборудованию, позволяющей упростить структуру команд центрального диспетчера и сделать ее аппаратнонезависимой. Фактически основная функциональность объекта определяется набором встроенных драйверов. Также модуль отвечает за взаимодействие с препроцессором полученных данных и содержит функции формирования ответов и списков ошибок.

К базовым параметрам данного модуля относятся: параметры работы интерфейса (rs-485 parameters); список адресов оборудования (addresses); список счетных устройств (slaves list), который также включает сведения, описывающие алгоритмы работы со счетными устройствами. К минимальному набору функций модуля относятся: функции отправки команд оборудованию (sendCommand()), которые являются зависимыми от конкретного типа устройств и их настроек; функции начальной обработки полученных данных (processReceivedData()) для предоставления их в другие модули в целостном виде; функции отправки подтверждений (sendAcknoligment()); функции тестирования интерфейса и счетных устройств (testDevice()).

Модуль управления внешними интерфейсами имеет ассоциативные связи только с 2 объектами: центральным диспетчером и препроцессором обработки данных. От первого из них модуль получает управляющие команды и выдает подтверждения или сведения об ошибках. Второй модуль получает необработанные (но собранные воедино) данные, полученные от счетных устройств.

Препроцессор обработки данных (data preprocessor) используется для предварительной обработки полученных от счетных устройств данных. Она включает анализ данных на наличие грубых ошибок, а также элементы цифровой фильтрации. На основании выводов данного модуля выполняется повторный опрос оборудования в случае фатального повреждения данных. Данные также могут быть подвергнуты базовой статистической обработки. По завершению работы данного объекта выдается команда модулю обслуживания внешней памяти на запись результатов.

Базовыми параметрами препроцессора обработки данных являются: формат данных (dataFormat); параметры обрабатываемых ошибок и процедуры обработки (errorsParameters); список используемых фильтров и их параметры работы (enabledFilters). К основным функциям следует отнести следующие: запуск анализа необработанных данных (analyzeData()); отправку подтверждения (sendAcknoligment()) с последующей записью данных (функция записи отдельно не показана); функцию формирования и отправки списка ошибок (sendErrorsReport()).

Препроцессор обработки данных имеет ассоциативные связи с модулем управления внешними интерфейсами, с которым выполняется основной обмен данными, центральным диспетчером, который получает от него отчеты и подтверждения, а также модулем обслуживания внешней памяти, который работает с внутренним банком данных нижнего уровня системы.

В задачи этого модуля (data storage) входит весь набор функций по реализации работы с дисковой памятью. Их следует разделить на три большие группы: поддержка аппаратных ресурсов (в нашем случае работы с SD card по интерфейсу SPI или SDIO), поддержка среднего уровня программных библиотек для реализации базовых функций взаимодействия с файловой системой и файлами, а также функции для работы с конкретными данными.

Рассмотрим основные функции данного модуля. К ним относятся: инициализация файловой системы (initFS()); чтение файла (readFile()); запись файла, в том числе создание пустого файла при го отсутствии (writeFile()); продолжение записи файла, в том числе создание пустого файла при го отсутствии (appendFile()); редактирование файла, замена блока данных (editFile()); удаление файла (deleteFile()) и другие.

Основными параметрами инициализации рассматриваемого объекта являются: тип файловой системы и ее параметры (fatFS); параметры и методы работы с дисковым носителем (driveParameters), параметры и режимы работы аппаратных интерфейсов для подключения внешней памяти (intrfaceParameters).

Ассоциативные связи у этого модуля имеются с описанными ранее объектами, а также с командным процессором. Они необходимы для отправки данных из внешней памяти верхнему уровню системы учета.

Командный процессор (command processor) является посредником между сетевым клиентом и другими элементами системы. Фактически он выполняет два типовых набора функций: упаковка данных для отправки посредством TCP клиента и распаковка полученных команд с последующей предварительной обработкой. В процессе распаковки внешние команды преобразуются в набор внутренних команд и определяется порядок их выполнения, а также внутренние сценарии их реализации.

Командный процессор содержит два основных базовых параметра: общая длина команды верхнего уровня системы (commandLength) и длина тела команды (dataBodyLength), которая определяет объем аргументов в команде. Эти параметры ограничивают максимальную длину, что важно при выделении памяти на обработку данных.

Основная функциональность командного процесса представлена следующим набором функций: функция базового тестирования корректности полученной команды (testReceivedData()) анализирует пришедшую от сетевого клиента команду; функция парсинга (parseCommand()) выполняет анализ поступившей команды и ее разбиение на структурные элементы; функция упаковки данных (packData()) формирует пакет с отправляемыми данными для последующей передачи клиентом; функции отправки на выполнения внутренних команд (sendInternalCommand()) реализуют исполнение инструкция после их логического анализа и преобразования парсером; для подтверждения также используется соответствующий инструментарий (sendAcknoligment()).

Фактически командный процессор ассоциативно связан только с сетевым клиентом, а также центральным диспетчером и модулем data storage.

Сетевой клиент (TCP client) выполняет только задачи сетевой коммуникации и реализует аппаратную поддержку интерфейса Ethernet. Данный модуль жестко отделен от командного процессора по причине значительной нагрузки вычислительных ресурсов стеком сетевых протоколов, обеспечивающим работу клиента.

К основным параметрам относится IP адреса устройства и сервера системы (IP address), а также номер порта для реализации TCP обмена (port number). Функции содержат следующий базовый набор: инициализация сетевого устройства и стека протоколов TCP/IP (init()); функции отправки подготовленных данных (sendData()); функции

обработки полученных от сервера данных (receiveData()); набор функций для тестирования сетевого соединения и используемого стека протоколов (testonnection()).

3. Заключение

Все модули реализованы в виде отдельных задач. Это позволяет повысить надежность путем инкапсуляции процессов. Для стабильной и защищенной передачи данных между отдельными задачами применены стандартные средства ОСРВ. В частности, используются очереди статических и динамических объектов. Для разграничения доступа к критичным общим объектами применяется механизм мьютексов и семафоров, также реализованный стандартной функциональностью операционной системы.

Предложенная в ходе проектирования структура может быть легко масштабирована путем добавления новых объектов и связей. Это позволяет расширять функциональность подсистемы без изменения концептуального подхода ее формирования. В дальнейшем планируется добавить ряд объектов для улучшения функциональности разработки.

Допустимым путем развития подсистемы является использование динамически создаваемых объектов, являющихся экземплярами классов в рамках отдельных задач. Это переводит продукт в класс объектно-ориентированных программ. Однако концептуальный подход в целом остается неизменным. При этом вновь созданные объекты приобретают связь композиции с ранее созданными и представленными в этой работе.

Список литературы

1. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs [Электронный ресурс] : техническое описание. – Режим доступа : https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html
2. Мешков, А. Visual C++ и MFC / А. Мешков, Ю. Тихомиров. – М.: БХВ-Петербург, 2013. – 546 с.
3. Иванов, К. К. Проектирование информационных систем / К. К. Иванов. // Молодой ученый. – 2017. – № 19 (153). – С. 22-24.
4. Костин А.А., Баженов Р.И. Разработка информационной системы учета изъятия драгоценного металла из оборудования // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 8-1 (40). С. 108-119.
5. Манако А.Ф. Подход к построению формализованного описания информационных систем для образования и обучения // Образовательные технологии и общество. 2013. Т. 16. № 1. С. 536-546.
6. Ларман, К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку / К. Ларман. – М.: Вильямс, 2013. – 736 с.
7. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч , Д. Рамбо , А. Джекобсон. – М.: ДМК, 2015. – 432 с.

Проектирование типовых операционных последовательностей нижнего уровня информационной системы учета продукции

М. В. Паринов, email: parmax@mail.ru [1]
К. В. Костин, email: phantasyftw@bk.ru [1]
Н. А. Чернышов, email: chernyshovkolya1994@mail.ru [1]
П. В. Шуваев, email: asutp3@molvest.ru[2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Молочный комбинат «Воронежский»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности проектирования нижнего уровня аппаратно-программного комплекса учета готовой продукции. Рассматривается процесс разработки алгоритмических последовательностей, описаны задействованные объекты и их взаимодействие. Результаты проектирования представлены в виде обобщенной диаграммы последовательностей UML, отображающей основные процессы системы.*

Ключевые слова: *Информационная система, микроконтроллер, проектирование, алгоритмические последовательности, диаграмма последовательностей, программный модуль.*

Введение

Для реализации любой информационной системы необходимо выполнить ее тщательное проектирование. В некоторых случаях (обычно для систем особо малого уровня сложности) этап проектирования интегрируют в разработку. Обычна данная методика приводит к негативным последствиям вследствие неоправданного значительного усложнения структуры системы и потери четкости связей между элементами [1, 2].

Известны классические методики проектирования информационных систем. Они хорошо описывают проектные работы для достаточно сложных разработок. При этом процесс проектирования относительно простых информационных систем в реальности отличается. Отличия выражены невозможностью команды разработчиков тратить значительные временные ресурсы на классический проект, включающий типовой набор документации. Обычно она базируется на схемах, построенных с помощью языка UML.

© Паринов М. В., Костин К. В., Чернышов Н. А., Шуваев П. В., 2022

Проектируемая нами подсистема в настоящее время может быть отнесена к невысокому уровню сложности с точки зрения объема разработки. Однако, согласно техническому заданию, система является гибко расширяемой и уже сейчас содержит элементы достаточно крупного продукта. Таким образом, на текущем этапе возникает задача проектирования достаточно компактной информационной системы с возможностью ее беспрепятственного расширения.

Для решения текущей задачи нами предложено использовать лишь отдельные схемы UML [3, 4], которые описывают основные вопросы текущего состояния разработки и могут быть в дальнейшем использованы для ее расширения. Обычно проектирование информационных систем начинается с создания диаграммы прецедентов. Однако с учетом объема работ данной работой можно пренебречь, так как обобщенная картина взаимодействия системы и ее подсистем с внешним миром хорошо прослеживается из технического задания. Поэтому в качестве основных проектных документов мы представим диаграмму последовательностей и диаграмму классов.

Диаграмма последовательностей является более общим документом, тогда как диаграмма классов уже строго представляет структуру системы (подсистемы). Для построения диаграммы классов мы должны строго представлять объекты и связи проектируемой системы. Следовательно, диаграмма последовательностей будет начальном этапом проектирования системы.

Для создания диаграммы последовательностей необходимо определиться с основными функциональными объектами системы. Их можно получить из виртуальной (представляемой) диаграммы прецедентов.

1. Основные объекты подсистемы и диаграмма последовательности

На текущем этапе нами выделено 6 основных объектов подсистемы. Их количество может быть увеличено как путем расширения функциональности, так и методом уточнения, когда существующие объекты будут разделены на несколько подобъектов.

Рассмотрим основные объекты, которые показаны на диаграмме, представленной на рис.1.

TCP client – сетевой объект. Выполняет коммуникацию с верхним уровнем системы посредством локальной вычислительной сети. Используется транспортный протокол TCP для реализации аппаратного управления потоком и минимального контроля ошибок передачи. Объект отвечает за прием/передачу команд и данных.

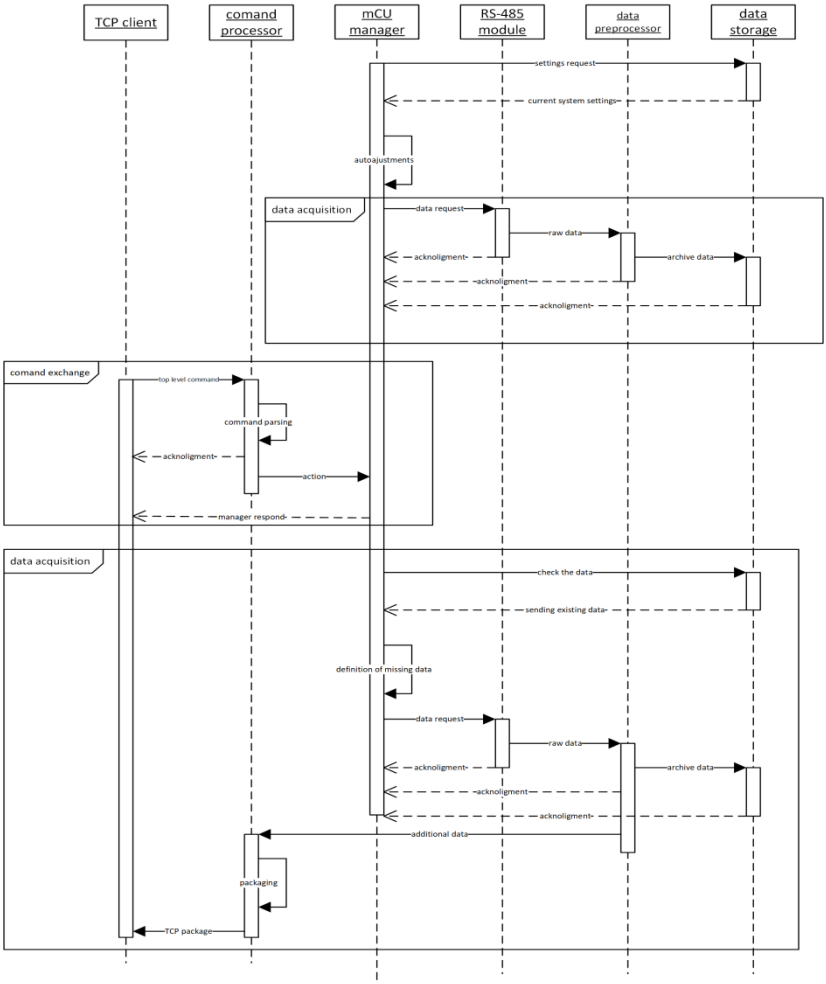


Рис. 1. Диаграмма последовательностей

К нему относится реализация стека сетевых протоколов и работы с соответствующим аппаратным обеспечением. Подготовка данных к отправке и обработка полученных команд не относится к его функциональности.

– Command processor выполняет предварительный анализ полученных от сетевого клиента данных. Далее (если данные не повреждены) он выполняет их разбор и запуск обрабатывающих функций

основного менеджера. При этом данный объект подготавливает аргументы функций, а также контролирует их вызов и результаты выполнения. По результатам формируется ответное сообщение для сетевого объекта. Также рассматриваемый объект подготавливает сырые данные для отправки; выполняет их упаковку, формирует служебную информацию.

– mCU manager является основным объектом нижнего уровня. По факту является центральным диспетчером. Реализует выполнение всех периодических задач. Обеспечивает отклик на сложные команды, требующие сложного взаимодействия различных объектов. mCU manager обеспечивает работу устройства в автоматическом режиме и является управляющим объектом. Однако его алгоритмы могут быть изменены посредством внешних команд.

– RS-485 module реализует работу с интерфейсом RS-485 и оборудованием, работающем в системе посредством данного интерфейса. К нему относится программная поддержка аппаратных ресурсов, а также процедуры обмена с промышленным оборудованием. Основная функциональная нагрузка объекта приходится на данные процедуры, так как для выполнения достаточно простых команд и запросов данных требуется сравнительно сложная программная реализация обмена данными.

– Data preprocessor – выполняет предварительную обработку данных. Фактически объект реализует цифровой фильтр. Он позволяет выявить и исправить однозначно ошибочные данные, а также определить факт недопустимого количества ошибок, получаемых от оборудования. В дальнейшем данный модуль планируется расширить дополнительными статистическими функциями.

– Data storage – выполняет простейшие задачи по работе с внешней памятью. Они выделены в отдельный объект, потому что для микроконтроллера [5] работа с файловой системой, запись, чтение и редактирование файлов является достаточно сложной задачей, требующей достаточно продвинутых аппаратно-программных решений. К этому объекту относится программная реализация обмена хранимыми данными и программная поддержка аппаратного обеспечения, реализующего внешнюю память.

2. Взаимодействие между основными элементами подсистемы

Рассмотрим основные алгоритмические последовательности, описывающие взаимодействие между представленными объектами. В верхней части диаграммы на рисунке 1 показан этап инициализации микроконтроллера. mCU manager отправляет запрос о получении текущих настроек к модулю, обслуживающему хранилище данных.

Ответными сообщениями центральный диспетчер (mCU manager) получает настройки и приступает к их обработке. В случае получения некорректных данных mCU manager может повторить запрос или частичный запрос.

После получения всех данных центральный диспетчер анализирует данные, сравнивая с текущими настройками устройства. Далее запускается процедура безопасной смены настроек. По ее завершении mCU manager переходит в режим непрерывного управления, выполняя все функции управления.

Даже первые рабочие версии системы имеют достаточное количество алгоритмов, которые невозможно отразить в данном материале в виде одной диаграммы. Таким образом, представленная на рис. 1 диаграмма является значительно сокращённым вариантом. Согласно нее после инициализации запускается цикл опроса счетных устройств и сбора данных. Данный цикл является основным режимом работы подсистемы. Он выполняется автоматически с частотой опроса, определяемой настройками. Режим работы устройства позволяет не запускать цикл после старта системы и загрузки настроек. Однако данный режим не является типовым.

Цикл опроса счетных устройств начинается с формирования запроса от mCU manager. Запрос поступает объекту, ответственному за взаимодействие с аппаратными внешними ресурсами и интерфейсами. В соответствие с поступившим запросом высокого уровня данный объект формирует последовательность команд для передачи по интерфейсу RS-485 для счетных устройств. Структура команд определяется оборудованием, используемом на самом нижнем уровне для счета продукции. RS-485 модуль на основе полученного запроса формирует последовательность низкоуровневых команд и выполняет анализ полученных ответов. По результатам анализа в центральный диспетчер передается соответствующее сообщение.

При этом полученные от счетных устройств результаты не оцениваются. Предварительный статистический анализ и цифровую фильтрацию выполняет data preprocessor. Он позволяет определить наличие сомнительных и гарантированно ошибочных данных. Сведения о них поступают в центральный диспетчер, который принимает решение о продолжении нормального режима работы, повторении запроса или других действиях.

Обработанные данные поступают в модуль работы с дисковым устройством. Они сохраняются в файл локального банка данных. Сохранение выполняется если предыдущий модуль определил полученные данные допустимыми для дальнейшей обработки. В

противном случае data preprocessor не передает данные для сохранения, а выдает только отчет об ошибке центральному диспетчеру. По завершению записи data storage сообщает об успешном завершении операции mCU manager.

Следующая типовая операция рассматриваемой подсистемы – прием и передача команд посредством TCP соединения. Нижний уровень выполнен в виде клиента. Общая архитектура системы предполагает наличие единого сервера, объединяющего несколько клиентов. Таким образом, подсистема нижнего уровня должна поддерживать только одно соединение.

Классическим примером обмена командами является показанный на рис. 1 блок. Здесь сервер передает клиенту некоторую команду. По ее получению модуль TCP клиента извлекает сообщение из пакета и передает его в модуль обработки команд. Непосредственно объект клиента не выполняет никаких функций анализа поступивших данных на верхних уровнях OSI модели. В его функциональность входит только поддержка всего стека протоколов и прием и отправка сообщений.

Командный парсер выполняет анализ команды на корректность, по результатам он отправляет модулю клиента сообщение с подтверждением получения корректной команды или об ошибке парсера. Далее объект выполняет обработку кода команды и формирует внутренние командные структуры для центрального диспетчера. Эти структуры формируют определенные действия, которые реализует mCU manager. В ответ на них он отправляет (в случае, предусмотренном алгоритмами управления) серверу подтверждения или сообщения об ошибках. Они также передаются TCP клиент объектом.

На представленной на рис. 1 диаграмме представлена ситуация, когда полученной от сервера командой является запрос на получение результатов измерений за определенный период. Процесс получения и анализа команды сервера описаны выше. Далее mCU manager в ответ на внутреннюю команду выполняет попытку получить данные из внешней памяти. Для этого в объект data storage отправляется соответствующий запрос. Ответом служит имеющийся в дисковой памяти набор данных.

В неаварийном режиме работы устройства при запросе данных из предыдущих периодов все данные должны быть получены на этом этапе. Однако вывод об этом может сделать только центральный диспетчер, который анализирует полученную информацию. В случае обнаружения фатальных ошибок данных в дисковой памяти будет выполнена попытка повторного опроса счетных устройств, если данный период времени еще может хранится в памяти счетчиков.

Мы считаем, что вероятность выполнения данного сценария мала. Однако велика вероятность поступления запроса данных, которые еще не были получены контроллером от счетных устройств и сохранены в память. В этом случае также потребуется запрос получения новых данных. Его процесс практически идентичен описанному ранее блоку сбора данных. После выдачи команды центрального диспетчера модуль аппаратного интерфейса формирует стандартный набор команд получения данных от оборудования. Полученные данные аналогично обрабатываются препроцессором. Однако результат не только записывается во внешнюю память, но и параллельно отправляется для отправки сетевым клиентом.

Перед отправкой полученные данные упаковываются объектом command parser. Процесс упаковки полностью реализуется средствами данного объекта без внешнего контроля. По завершению упаковки данные отправляются через модуль TCP клиента.

3. Заключение

Размер диаграммы, показанной на рис. 1, не позволяет представить все типовые сценарии взаимодействия в рамках рассматриваемого элемента подсистемы. Однако они выполняются по схожим методикам и соизмеримо задействуют функционал рассмотренных объектов. Структура представленной диаграммы позволяет ее расширение вниз путем добавления всех необходимых функций.

Недостатком текущей схемы является укрупненный объект mCU manager, который фактически координирует все информационные потоки внутри подсистемы. В настоящее время на начальном этапе разработки системы решено представить ее структуру в данном виде. Однако при расширении ее функциональности центральный диспетчер будет разбит на несколько более узкоспециализированных объектов. Эти изменения потребует создания новой диаграммы последовательностей.

Созданная диаграмма последовательностей является важным документом на этапе проектирования информационной системы и будет использована в разработке. Однако данный документ не является конечным перед реализацией. Также необходимо создать диаграмму классов и ряд развернутых графических представлений алгоритмов для начала реализации первого этапа разработки информационной системы. Разработанная диаграмма последовательности ляжет в основу данных проектных документов.

В дальнейшем в ходе модернизации разрабатываемого продукта представленные диаграммы будут изменены. Однако представленные в работе материалы представляют базовую структуру системы, вероятность изменения которой низка. Уровень представленных в работе

проектных изысканий достаточен для реализации коммерческого программного продукта.

Список литературы

1. Иванов, К. К. Проектирование информационных систем / К. К. Иванов. // Молодой ученый. – 2017. – № 19 (153). – С. 22-24.

2. Манако А.Ф. Подход к построению формализованного описания информационных систем для образования и обучения // Образовательные технологии и общество. 2013. Т. 16. № 1. С. 536-546.

3. Ларман, К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку / К. Ларман. – М.: Вильямс, 2013. – 736 с.

4. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч , Д. Рамбо, А. Джекобсон. – М.: ДМК, 2015. – 432 с.

5. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs [Электронный ресурс] : техническое описание. – Режим доступа : https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html

Интеллектуальные информационные системы в учебном процессе ВУЗа

Селютин В. В., e-mail: svv62vvs@mail.ru
Дзюбенко О. Л., e-mail: enot1881@mail.ru
Смирнов Д. Н., e-mail: 48dimka54@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *В данной работе рассматриваются преимущества и недостатки отечественного программного обеспечения Компас-3D при его использовании в учебном процессе вуза.*

Ключевые слова: *программное обеспечение, компьютерное моделирование, учебный процесс, высшее учебное заведение.*

Введение

Труд современного инженера-проектировщика значительно отличается от труда инженера, скажем, 80-х годов. Все реже можно увидеть инженера за кульманом и все чаще проектирование происходит на мониторе компьютера. В последнее время значительную популярность приобрела отечественная разработка трехмерного моделирования – программное обеспечение «Компас-3D», появившаяся на рынке САПР в начале 2000-х.

Этот программный продукт имеет неоспоримые преимущества и внушительный функционал, позволяющий вести сквозное проектирование от момента выдачи технического задания до получения конечного результата в виде полного пакета проектно-конструкторской и технологической документации.

1. Составные компоненты «Компас-3D»

В основе «Компас-3D» лежат собственное математическое ядро и параметрические технологии, разработанные специалистами российской компании ЗАО «АСКОН». Продукт содержит инструменты для коллективного проектирования изделий и объектов любой степени сложности и позволяет подготовить полноценную электронную модель изделия, здания и сооружения.

«Компас-3D» включает в себя:

– инструменты для коллективной работы, в том числе над проектами, содержащими несколько десятков тысяч уникальных компонентов и стандартных изделий;

© Селютин В. В., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., 2022

– развитый функционал трехмерного твердотельного, поверхностного и прямого моделирования;

– инструменты для работы с исполнениями и конфигурациями (в том числе зеркальными) деталей и сборочных единиц;

– инструменты моделирования деталей из листового материала с последующим автоматическим получением чертежа развертки;

– специальные возможности, облегчающие построение литейных форм: литейные уклоны, линии разъема, полости по форме детали (в том числе с заданием усадки);

– инструменты создания пользовательских библиотек типовых элементов;

– возможность получения технической документации в соответствии с ГОСТ, ISO, DIN или стандартами предприятия: чертежи, простые и групповые спецификации, отчеты, схемы, таблицы, текстовые документы;

– средства для передачи данных в различные CAD/CAM/CAE-системы;

– возможность быстрого перехода от проектирования к изготовлению деталей с использованием CAM-систем и станков с ЧПУ;

– возможность простановки размеров, обозначений и технических требований в трехмерных моделях (поддержка стандарта ГОСТ 2.052-2006 «ЕСКД. Электронная модель изделия»).

2. Проблемные аспекты практического применения «Компас-3D»

Ввиду большого количества явно положительных качеств этого ПО, возможно предположить его неограниченное распространение и популярность среди разработчиков, причем как одиночных, так и групповых. Однако столь идиллической картины на практике, к сожалению, не наблюдается. Безусловно, общее количество пользователей Компаса велико, но темпы прироста этого сообщества оставляют желать лучшего. Следует признать, что многие пользователи продолжают использовать более простые и условно-бесплатные программные среды, явно проигрывающие нашему Компасу. Таким образом, по некоторым причинам, пока невозможно поставить Компас (по совокупности качеств и значимости) в один ряд с такими «китами» как, например, LabView или P-CAD [1-4].

Мы предлагаем разобраться в некоторых причинах такой, на наш взгляд незаслуженной ситуации, и обсудить некоторые из них, безусловно не претендуя на глобальность.

Начнем с теории. Обучение всегда является непрерывным процессом. Мы начинаем с познавательных игр в младенчестве, формируем представление о мире в школе, осваиваем компетенции и

приобретаем множество навыков в вузе, повышаем квалификацию в самостоятельной жизни и так далее. Бесспорно, такой традиционный подход в обучении дает основание предполагать, что сама непрерывность процесса обучения и есть то гармонизирующее начало для формирования профессионала с широким кругозором и недюжинным интеллектом.

Для подтверждения оттолкнемся от противного. Сознательно нарушим процесс непрерывного обучения (например, в вузе) и начнем формировать у студента сумму навыков в строгих временных рамках или рамках обучающих курсов. Что получится из такого ученика? Очевидно, что даже при невероятном педагогическом везении мы получим неплохого ремесленника, или неплохого работника, умеющего выполнять ряд операций. Но не созидателя! Не инженера в широком смысле этого слова. Вряд ли такой эксперимент имеет после себя поле научно-исследовательской или проектно-конструкторской деятельности. Таков очевидный парадокс образования. Как только мы ограничиваем любой из образовательных курсов – тут же появляется ошибка образования в виде разницы между заявленной суммой необходимых компетенций и суммой приобретенных навыков. Таким образом, непрерывность образования разрывать нельзя. Знание и навык, приобретенный на каком-либо этапе необходимо развивать и совершенствовать далее и далее.

Теперь самое время вернуться к практике ПО Компас. Очень важное знание и чрезвычайно полезный навык. Востребованный от азов технического черчения до высот передовой конструкторской мысли! Казалось бы: столь полезный продукт должен найти выход в работе студента во множестве практических приложений. Это и курсовые проекты, и выставочные работы, да и диплом, наконец. Но что можно наблюдать на практике? Лишь 15-20 % студенческих работ выполнены в 3-х-мерном варианте, и лишь единицы в отечественных средах типа «Компас-3D». Встает законный вопрос: почему? Почему одно из мощнейших средств проектирования столь мало востребовано в учебной практике? Выдвигаем предположение, что непрерывной системы обучения ПО Компас нет. Разбираемся дальше.

Обучение в вузе является одним из важнейших этапов в профессиональном становлении, в рамках которого формируется адекватное представление о будущей профессии и отношение к ней. При этом следует иметь в виду, что, с одной стороны, условия развитого общества требуют конкурентоспособных специалистов, ориентированных на социальные ценности, с другой стороны, представления современных молодых людей ориентированы не на внутреннюю, личностно значимую сторону конкурентоспособности, а на внешние, социальные стороны успеха. Получается: одной из причин

является недостаточная мотивация познавательного процесса как составляющей предполагаемого будущего успеха [5].

Вуз начинается со школы. В 2008 г. в рамках национального проекта «Образование» группа компаний «АСКОН» оснастила все школы России учебной САПР КОМПАС-3D LT. В общеобразовательных учреждениях России, реализующих инновационные программы обучения, была поставлена профессиональная САПР КОМПАС-3D. Однако проблема состоит в том, что масштабное внедрение школьных курсов на базе системы КОМПАС-3D LT сведено на нет отсутствием специально подготовленных для этого кадров. Имеющиеся же учителя не могут безболезненно перейти на новый уровень преподавания, из-за отсутствия достаточной подготовки. Вывод второй: вчерашние школьники азы технического черчения и компьютерной графики не знают. Навыки использования даже облегченной системы LT у них отсутствуют.

Вывод третий: абсолютно те же причины присутствуют и в вузе. Системы целенаправленной подготовки вузовских педагогов к трехмерному моделированию не существует. Компьютерной базы достаточной производительности в вузах явно мало. Существующая система лицензирования и аппаратных ключей программного обеспечения также не способствует широкому внедрению трехмерных технологий в образовательный процесс. Винить ЗАО «АСКОН» в такой ситуации бессмысленно, поскольку это коммерческая организация.

Четвертый вывод (как развитие предыдущих): студент, сталкиваясь с ситуацией необходимости использования САПР «Компас-3D», вместо творческого применения прикладного ПО вынужден изучать это ПО практически с нуля, и, зачастую, самостоятельно.

Заключение

Общий вывод: для реализации безусловного повсеместного применения отечественного ПО «Компас» не создано ни приемлемой учебно-методической, ни учебно-производственной базы. Подчеркнем: бесплатной базы. Т.е. банально и катастрофически не хватает ни специалистов, ни учебной литературы, ни качественных методических разработок. На сегодняшний день ЗАО «АСКОН» конечно предпринимает шаги в этом направлении, но их явно не хватает. Здесь, на наш взгляд, требуется координация в масштабах страны. Надеемся, что последующих версиях ПО обозначенные проблемы будут устранены.

Список литературы

1. Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы

Международной научно-практической конференции. 16-17 июня 2014 г. Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2014.-Т.1.–363 с.

2. Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого- педагогический и технологический аспекты) [Текст]/ И. В. Роберт; 3-е изд. – М.: ИИО РАО, 2010. – 356 с.

3. Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Под ред. Е.С. Полат. – М.: Изд. центр «Академия», 2002. – 272 с.

4. Пузанкова А. Б. Компетентностная инженерно-графическая подготовка студентов в вузе. Монография. – Самара, 2014: изд-во СамНЦ РАН – 100 с.

5. Селютин В. В. Использование отечественного программного обеспечения «Компас-3D» в учебном процессе вуза / В.В. Селютин, О.Л. Дзюбенко, Д.Н. Смирнов // Информатика: проблемы, методология, технологии (IPMT-2018): мат. XVIII Международ. конф. (Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» – 08-09 февраля 2018). – Воронеж, 2018. – С. 145-150.

Решение задач оптимизации размещения сети учреждений и объектов обслуживания методом случайного поиска

Э. Б. Халтурсунов, e-mail: 7-lucky@mail.ru

Туринский политехнический университет в г.Ташкенте, Узбекистан

Аннотация. *Приводится описание метода и алгоритма случайного поиска для решения задач оптимизации размещения учреждений и объектов обслуживания.*

Ключевые слова: *метод, алгоритм, случайный поиск, параметры, многопараметрические, многоэкстремальные, системы, задача, одноуровневый, многоуровневый, оптимизация, учреждения обслуживания, объекты обслуживания, математические модели, критерии, ограничения, Монте-Карло.*

Введение

Оптимизация сети учреждений и объектов обслуживания – это сложная система, отраслевая, градостроительная и социально-экономическая проблема. Ее достижение возможно только на базе математического моделирования и применения эффективных методов оптимизации, формализации и учета в моделях основных факторов и специфики функционирования рассматриваемых объектов и учреждений.

Структура и состав учреждений и предприятий сети общественного обслуживания определяется спецификой данного вида обслуживания, требованиями развития системы в целом, специфическими особенностями быта местного населения, величиной и архитектурно-планировочной структурой населенных мест.

Сети учреждений обслуживания по специфике функционирования подразделяются на: одноуровневого обслуживания; многоуровневого обслуживания.

К сетям одноуровневого обслуживания относится широкий класс учреждений и объектов обслуживания. Например, в здравоохранении – аптеки, многопрофильные больницы, поликлиники, объекты технического обслуживания – газораспределительные станции и газораспределительные пункты, котельные, временные здания и сооружения на стройплощадке, здания и сооружения железнодорожных станции, многоэтажные гаражи (автостоянки), торговые предприятия и т. д.

© Халтурсунов Э. Б., 2022

К сетям многоуровневого обслуживания относятся следующие учреждения: поликлиники, многопрофильные больницы, сельские школы и т. д.

Хотя при проектировании сетей учреждений обслуживания (УО) решаются однотипные задачи, но из-за необходимости учета специфики и функционирования, не удается свести их к одной или ряду математических моделей.

На базе изучения процессов функционирования исследуемых сетей УО (многоуровневые амбулаторно-поликлинические и школьные сети сельских районов; одноуровневые – сеть многоэтажных гаражей индивидуального автотранспорта, сеть автозаправочных станций, сеть аптечных учреждений нового типа – магазины "Универфарма") предложен математический аппарат генерации вариантов организации сетей УО, который реализуется триединой задачей (определение оптимального количества, мест размещения, зон обслуживания и мощности УО на каждом уровне обслуживания), характерной для данного класса задач. Хотя он различен в зависимости от рассматриваемого УО (алгоритм определения наименьшего внешне устойчивого множества графа, симплекс-метод линейного программирования, метод целочисленного случайного поиска, метод потенциалов и др.), однако во всех случаях стержневым является алгоритм определения наименьшего внешне устойчивого множества графа и метод целочисленного случайного поиска, модификации которых разработаны применительно к данному классу задач.

Постановка задачи и ее реализация

В общем случае задача размещения сети УО сводится к следующему: необходимо определить их оптимальное количество на каждом уровне обслуживания, зоны обслуживания и мощность (пропускную способность и места размещения).

Решение задачи оптимизации УО, к примеру, организации и размещения некоторых сетей УО в застройке города относятся к задачам оптимизации многопараметрических многоэкстремальных систем. В зависимости от постановки задач оптимизируемые параметры X_j^M Y_j^M должны быть целочисленными или вещественными (в нашем случае вещественны).

Локальный поиск. Область, в которой производится минимизация (или максимизация) целевой функции, в наиболее распространенном случае является n – мерным гиперпараллелипедом:

$$\alpha_{\min} \le X_i \le \alpha_{\max} \quad i = \overline{1,n},$$

где α_{min}, α_{max} – нижние и верхние границы оптимипараметров.

Поиск экстремумов в такой области наиболее легок ввиду простоты учета ограничений.

Рассмотрим метод случайного поиска с самообучением. Кроме необходимости существования в изучаемой области локального экстремума, на котором отыскивается оптимальное значение, примененный алгоритм не предъявляет существенных требований к виду множества параметров и зависимостей, связывающих выбираемые параметры X_i с оптимизируемым критерием **Ф** и ограничениями (1), (2)-(5) модели.

$$\left.\begin{array}{l} X_j^n\ Y_j^n \in \theta \\ X_j^n\ Y_j^n \notin \overline{\theta},\ j = \overline{1,m} \end{array}\right\} \quad (1)$$

Критерием модели служит штрафная функция

$$\min \Phi = k \sum_{j=1}^{m} V_j^1 + \sum_{j=1}^{m} V_j^2, \quad (2)$$

где V_j^1 – штраф за отклонение количества потребителей в зоне обслуживания учреждений от норматива; V_j^2 – штраф за отклонение места размещения учреждения от центра зоны ее обслуживания.

Ограничения модели следующие:

– на количество потребителей в зоне обслуживания каждого учреждения

$$Q_н \le N_j \le Q_в, \quad j = \overline{1,m}, \quad (3)$$

где N_j – расчетное количество потребителей в зоне обслуживания учреждения *j*-го ($N_j = \sum_{i=1}^{n} N_{i\,авт} \cdot X_{ij}$, $j = \overline{1,m}$);

– каждый микрорайон прикрепляется для обслуживания к ближайшему учреждению

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если i-й микрорайон прикрепляется к j-ому учреждению,} \\ 0, \text{ в противном случае;} \end{cases} \quad (4)$$

– каждый микрорайон города, по плану, должен обслуживаться одним учреждением

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1,n}, \quad (5)$$

а также ограничения (1).

Основные параметры могут в различной степени влиять на величину критерия **Ф**. Так как отыскание оптимальных значений параметров, слабо влияющих на **Ф**, может оказаться затруднительным, в принятом оптимизаторе предлагается провести некоторое выравнивание степени влияния этой информации на критерий. Для этого,- пространство физических параметров **X** заменяется пространством безразмерных параметров **X** с помощью линейного соотношения

$$X_j = \alpha_j X_j + b_j,$$

где α_j – индивидуальные масштабы; b_j – заданные константы.

Исходное распределение поисковых векторов в данном алгоритме обеспечивает равную вероятность перемещения объектов в любом направлении. Приращения параметров в виде независимых случайных чисел λ распределяются по нормальному закону.

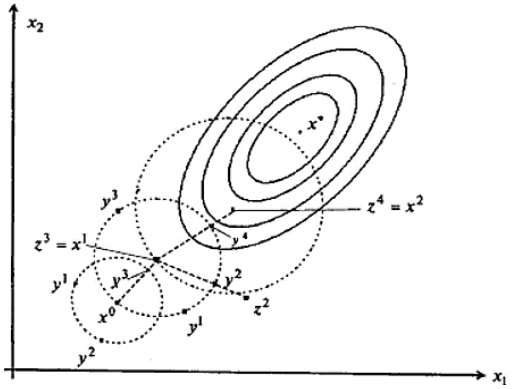


Рисунок. Гиперсфера полученная в результате применения метода целочисленного случайного поиска

Таким образом, от точки X_i в которой определено значение критерия качества Φ_i, производится случайный шаг по всем координатам одновременно (рис.1)

$$X_{i+1,\,j} = X_{ij} + \lambda_{i+1,\,j},$$

и в полученной новой точке X_{i+1} определяется новое значение критерия Φ_{i+1}. Если оно окажется худшим, попытка считается неудачной, точка X_{i+1} отбрасывается и новый шаг совершается от прежней точки X_i.

Алгоритм оптимизации не будет достаточно эффективным без соответствующего масштабирования. Однако введение некоторого постоянного масштабного коэффициента приводит к тому, что на большом удалении от искомой точки текущая точка движется относительно медленно, и отыскание рационального варианта с высокой точностью оказывается неосуществленным. В [1] было предложено введение автоматически изменяющегося масштаба поиска для того чтобы на значительном расстоянии от оптимума шаг поиска увеличивался, а по мере приближения к нему уменьшался. В этом случае общая формула приращений по координатам принимает следующий вид

$$X_{ij} = X_{i-1,j} + M_i \, \Delta_{ij} \, ,$$

где M_i - общий для всех координат масштаб поиска; Δ_{ij} – приращение.

Величина масштаба поиска выбирается соответствующей соотношению количеств удачных и неудачных попыток. Масштаб поиска увеличивается умножением на коэффициент роста d_1

$$M_i = M_{i-1} \, d_1 ,$$

а уменьшается делением на коэффициент сброса d_2:

$$M_i = \frac{M_{i-1}}{d_2}.$$

Для устойчивости поиска необходимо, чтобы

$$d_1 \geq d_2 \geq 1.$$

Этот алгоритм работает следующим образом. Пусть при начальном состоянии в памяти имеется Φ_0. Работа алгоритма начинается с определения функции качества Φ при состоянии . Полученное значение сравнивается со значением X_i, хранимым в памяти ЭВМ, и запоминается.

Если $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0 \langle 0$, то есть функция качества уменьшилась по сравнению со значением, хранящимся в памяти, то следует обратиться к оператору самообучения, запоминающему компоненты функции качества.

Оператор осуществляет выбор случайного шага λ и решает вопросы масштабирования. При $\Delta\Phi \geq 0$, т.е. если функция качества не уменьшилась по сравнению с хранящимся в памяти значением, делается следующий шаг и т.д. Если же и эта попытка не удачна, то векторы поворачиваются на случайный угол и шаг делается на этом вновь полученном направлении вектора.

При нарушении ограничений поисковой точкой используются алгоритмы «отражения», возвращающие ее от стенки гиперпараллепипеда внутрь области поиска.

Выше была рассмотрена методика определения Φ^* (экстремума Φ) с единственным локальным экстремумом. Однако возможны случаи, когда функция качества $\Phi(x)$ состоит из ряда локальных экстремумов. Тогда необходимо решать многоэкстремальную задачу – найти абсолютный минимум без перебора локальных.

Задача называется многоэкстремальной, если в n – мерном евклидовом пространстве, ограниченном областью ξ, функция $\Phi(x)$ в точке X* имеет абсолютный минимум, т. е.

$$\Phi(X^*) = \min_{x \in \xi} \Phi(x).$$

Два локальных минимума с одинаковыми значениями целевой функции принимаются эквивалентными. Задача будет многоэкстремальной только тогда, когда существуют несколько неэквивалентных локальных минимумов.

Нахождение абсолютного минимума в многоэкстремальных задачах представляет большую трудность. Решение не облегчается от сокращения числа сопоставляемых вариантов, например, от 10^{30} до 10^{20}, т.е. в 10^{10} раз. В настоящее время для решения таких задач пользуются приближенными методами, с помощью которых находятся близкие к абсолютному минимуму варианты. Разработан также ряд алгоритмов, основанных на переборе локальных экстремумов.

Глобальный поиск. Обеспечивается синтезом алгоритма Монте-Карло [2] и алгоритма локального поиска. Первый определяет начальные точки поиска (равномерно расположенные в области ξ), а второй производит поиск локальных экстремумов из указанных точек.

После определения локального экстремума все параметры его запоминаются, а из X* описывается «запретная зона» радиусом R. Затем методом Монте-Карло ищется новая начальная точка, удовлетворяющая всем ограничениям и не попавшая в «запретные зоны», из которой производится поиск нового локального экстремума. Если при поиске система наткнулась на «запретную зону», то радиус последней увеличивается на величину ΔR.

Таким образом, по мере протекания поиска происходит постепенное разрастание «запретных зон», которые при этом выводят из рассмотрения неперспективные части области поиска. Это приводит к уменьшению затрат машинного времени на глобальный поиск.

Заключение

Реализация и решение задач оптимизации размещения некоторых сетей учреждений и объектов обслуживания как в городской, так и в сельской местности (сети АЗС [3], школьная сеть [4], сеть медицинских учреждений и т.п. [5-7]) методом целочисленного случайного поиска показала свою высокую эффективность.

В исследуемых сетях УО особенной выделяется задача оптимизации сети магазинов "Универфарма" [8]. Здесь по экономическим соображениям в зоне обслуживания магазина должно проживать население не менее наперед заданного числа. Поэтому, необходимое их количество определяется численностью населения города (крупного). Их необходимо оптимально разместить на территории существующего города, что создает ряд проблем алгоритмического и вычислительного характера.

Основные теоретические предпосылки исследования, работоспособность и технологическая рациональность разработанного математического и программного обеспечения подтверждены результатами реализованных задач на конкретных материалах, актами внедрения и авторскими свидетельствами Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Результаты исследования являются основой объектно-ориентированной инструментальной системы проектировщика сетей УО.

Список литературы

1. Гайдуков А.Л. Применение случайного поиска при оптимальном проектировании. // – В кн.: Прикладные задачи технической кибернетики. – М.: Советское радио, 1966. – С. 420-435.
2. Пискорский Л.Ф. Алгоритмы ГП-2 и ГП-3 глобальной оптимизации многопараметрических функций методом случайного поиска. / Сб.науч.тр. ИК с ВЦ АН УзССР «Вопросы вычислительной и прикладной математики». – Ташкент, вып. 20. – С. 38-43.
3. Халтурсунов Э.Б. Оптимизация сети многоэтажных гаражей и АЗС в застройке города. Анализ. Концепция. Методы. / Монография, Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2011, – 160 с.
4. Халтурсунов Э.Б. Моделирование и оптимизация организации школьной сети. Анализ. Генерация. Оценка. // Монография, Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2012, – 176 с.
5. Халтурсунов Э.Б. Оптимизация размещения амбулаторно-поликлинической сети. / Монография, Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2018, – 169 с.
6. Халтурсунов Э.Б. Оптимизация размещения инновационной аптечной сети "Универфарма". / Монография, Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2019, – 91 с.
7. Халтурсунов Э.Б. Оптимизация размещения сети многопрофильных больниц. Анализ. Развитие. Реконструкция. Проектирование. / Монография, Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE, 2021, – 106 с.

Анализ геометрических ядер

Д. В. Цымбал, email: paranoidts@yandex.ru
А. Н. Юров, email: kitp@vorstu.ru
С. А. Степаненко, email: st.0811@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *в данной статье рассмотрены технологии трехмерного моделирования для реализации задач САПР в виде самостоятельных решений на основе геометрических ядер. В работе производится анализ предполагаемых программных компонентов для разработки геометрических моделей, которые получаются при задании пользователем определенных данных с использованием библиотек программного интерфейса API.*

Ключевые слова: *приложение API, геометрическое ядро Parasolid, геометрическое ядро C3D, геометрическое ядро Open Cascade.*

Введение

В настоящее время можно наблюдать тенденцию развития компьютерной графики, которая находит применение в различных отраслях промышленности, научно-исследовательских организациях и в ряде учебных заведений. Одним из направлений в компьютерной графике является подготовка инженерных систем по автоматизации проектирования (САПР). Создание геометрических моделей проектируемого изделия имеет первоочередное значение в САПР, так как в ней есть необходимость при любых операциях, начиная от инженерного анализа и заканчивая конструкторской документацией. Основой каждой системы моделирования является геометрическое ядро, представляющее собой набор программных средств для работы с моделью или ее составляющими. При этом архитектура ядра гарантирует интеграцию между приложением САПР и низкоуровневыми компонентами геометрического функционала, создавая некоторую гибкость для приложения, стабильную работу при возникновении ошибок и достаточное быстродействие. При моделировании с использованием функциональных возможностей геометрических ядер создаются как твердотельные объекты, так и их топологические элементы. В режиме работы с эскизами предоставляется возможность создать такие геометрические примитивы, как: точка, прямая, а также некоторые типы кривых. Геометрические ядра содержат программные реализации для

© Цымбал Д. В., Юров А. Н., Степаненко С. А., 2022

вычислительных процессов, касающиеся инженерного анализа и использования обменных форматов данных. В работе приводятся сведения по тестированию геометрических ядер для простых операций твердотельного моделирования с получением программного кода, который может быть использован в образовательном процессе при разработке учебных САПР. Кроме того, рассматривается инструментальное программное обеспечение для разработки инженерных программ, в которых планируется применение библиотек и решений на основе геометрических ядер. В статье рассмотрены методы реализации программных средств, использующих геометрические ядра Parasolid, C3D и Open Cascade.

1. Геометрическое ядро Parasolid

Для реализации инновационных трехмерных решений с уникальными возможностями и многозадачностью моделирования, разработчики приложений выбирают одну из первых технологий ядра трехмерного геометрического моделирования – программное обеспечение Siemens Parasolid. [1]

Геометрическое ядро Parasolid является базовым в мировой практике программным обеспечением, которое создает определенные геометрические трехмерные модели. Данный программный продукт предлагает основной функционал, который дает возможность потребителям оперативно и точно создавать модели различного предназначения для самого широкого спектра областей применения. Parasolid базируется на технологиях высокоточного представления границ, тем самым обеспечивает твердотельное моделирование, моделирование поверхностей и уникальную функциональность 3D-моделирования, сочетая в себе промышленную совместимость с производством, а также наработанный годами опыт поддержки программного обеспечения.

Однако геометрическое ядро Siemens является коммерческим и позиционирует свой продукт на рынке как основное ядро для выбора поддержки лидирующих крупнейших фирм при разработке приложений. NX и Solid Edge от Siemens, SOLIDWORKS от Dassault Systemes и Workbench от ANSYS являются продуктами, которые полностью построены на решениях ядра Parasolid для решения инженерных задач в разных отраслях производства.

Использование функциональности ядра Parasolid для создания собственного приложений может являться достаточно трудоемким процессом без помощи поддержки компании-производителя ядра. Parasolid имеет множество процессов проектирования и предоставляет свои возможности через единый интерфейс, который ограничен по

доступу к содержанию полной и исчерпывающей справочной документацией, необходимой для выполнения определенных задач по причине закрытого коммерческого программного обеспечения. Несмотря на это, такая согласованность предоставляет свободу структурировать собственный код приложения так, как удобнее пользователю, без необходимости что-либо изменять из-за определенных требований, налагаемых интеграцией с Parasolid.

Чтобы начать применение кода в C# необходимы настроить приложения SlimDX и Оболочка OpenGL – OpenTK, которая используется для отображения моделей.

Для создания функции, например, выдавливания воспользуемся следующим кодом:

Листинг 1

Выдавливание в Parasolid

```
PK_BODY_extrude(PK_BODY_t profile, PK_VECTOR1_t path, const
PK_BODY_extrude_o_t * options, PK_BODY_t * const body,
PK_TOPOL_track_r_t * const tracking, PK_TOPOL_local_r_t *
const results)
```

Рассмотрим вышеуказанную функцию. Profile – профиль эскиза, благодаря которому будет произведено выдавливание, path – направление выдавливания, options – структура параметров, body – получение выдавленного тела, tracking – определение местоположения, results – получение результата.

Рабочие примеры кода на C ++ и C # предназначены для помощи пользователю в вызове многих часто используемых API-интерфейсов Parasolid. Благодаря данным примерам можно быстро узнать, как вызвать конкретный API, понять функционал о его наиболее полезных параметрах. Логическая группировка по функциональности обеспечивает простую для просмотра иерархию, позволяющую быстро находить определенные части кода, относящиеся к конкретному сценарию использования. На рис. 1 изображен программный интерфейс Parasolid.

2. Геометрическое ядро C3D

АСКОН является основной российской компанией по разработке программного обеспечения для систем автоматизированного проектирования. C3D Labs представляет собой дочернюю компанию АСКОН, разрабатывающая программный продукт C3D, который представляет полнофункциональное геометрическое ядро, включающее набор инструментов трехмерного моделирования, применяемое в

главном продукте АСКОН – КОМПАС-3D, в том числе и в самых различных системах САПР.

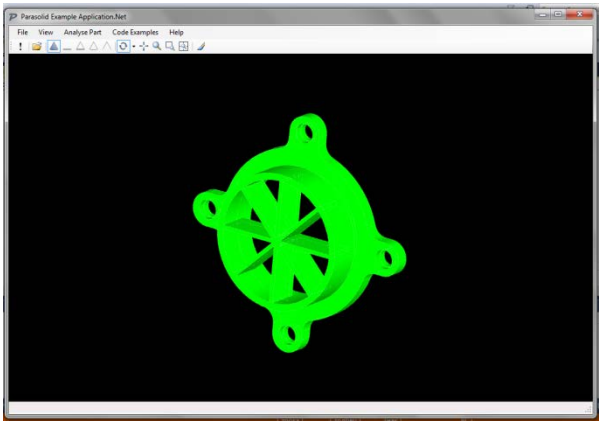


Рис. 1. Приложение Parasolid

C3D представляет набор специальных средств для разработки программного обеспечения, который выполняет функции построения, редактирования, визуализации и конвертации геометрических моделей.

Данное программное обеспечение позволяет создавать геометрические модели, производит различные геометрические вычисления и образует связи между элементами геометрических моделей.

C3D производит выполнение многих геометрических расчетов, которые нужны для проектирования 2D-эскизов и 3D-моделей. Граничное представление геометрии используется для описания формы моделируемого объекта, в этом случае модель формируется из трехмерных объектов, которые проектируются по средством поверхностей и кривых.[2]

Геометрические ограничения создаются при помощи связи элементов модели и функционируют с двумерными и трехмерными объектами геометрической модели. Условия, наложенные на элементы модели, выраженные с помощью уравнений и неравенств, являются геометрическими ограничениями, которые позволяют редактировать модель, создавать подобные модели, сборочные единицы и моделировать механизмы. Также существует возможность получения полигонального представления геометрии, помимо граничного представления модели. Разработка полигональной модели производится на основании граничного представления посредством триангуляции. Полигональные

моделей представляют собой аппроксимационные объекты, которые состоят из отдельных полигонов, используемые для расчётов и визуализации модели.

Методы, их последовательность и необходимые исходные данные для построения объектов хранятся в журналах построения геометрической модели. При помощи журнала построения появляется возможность редактировать геометрическую модель и перестраивать с новыми данными.

В топологических элементах объектов модели, а именно в гранях, ребрах и вершинах, хранится информация о геометрии в виде поверхностей, кривых и точек. В виде атрибутов допускается хранение дополнительной информации для определенного элемента модели и в общем всего объекта.

Открытая архитектура представляет собой одно из главных особенностей ядра C3D, позволяющая увеличить базовые возможности функционала.

Для построения тела выдавливания воспользуемся следующим методом:

Листинг 2

Выдавливание в C3D

```
ExtrusionSolid ( const MbSweptData & sweptData, const
MbVector3D & direction, const MbSolid * solid1, const MbSolid
* solid2, bool checkIntersection, ExtrusionValues & params,
const MbSNameMaker & names, PArray<MbSNameMaker> & cnames,
MbSolid *& result )
```

Рассмотрим параметры метода.

sweptData – данные об образующих кривых, direction – направление выдавливания, solid1 –опция «До ближнего объекта» в прямом направлении, solid2 –опция «До ближнего объекта» в обратном направлении, checkIntersection – параметр для объединения тел solid1 и solid2 с проверкой пересечения, params – параметры построения, names – именование граней, cnames – именование сегментов образующих кривых, result – выходной параметр метода для построения тела. [3]

Важнейшей особенностью геометрического ядра C3D является необязательное минимальное лицензионное отчисления, что дает возможность создания как малобюджетного, так и бесплатного программного обеспечения. Также главным преимуществом можно считать то, что данный продукт разрабатывается в России, что представляет собой значительное повышение конкурентоспособности отечественного производителя и играет большую роль при импортозамещении. На рисунке 2 показан программный интерфейс C3D.

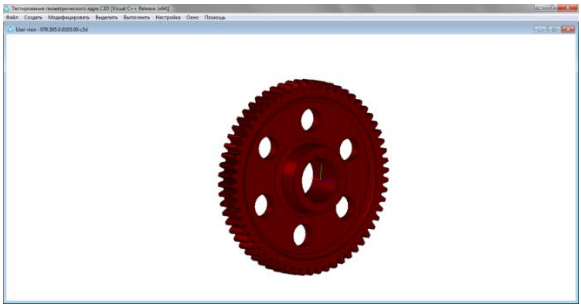


Рис. 2. Приложение C3D

3. Геометрическое ядро Open Cascade

Open Cascade позволяет выполнить реализацию модуля 3D моделирования с минимальными трудозатратами. Помимо этого, открытый исходный код дает возможность наибольшему количеству пользователей Open Cascade принимать участие в развитии данного программного обеспечения, позволяя добавлять свой функционал, который повышает возможности по улучшению вышеуказанного продукта.[4]

Open Cascade дает большое преимущество для создания бесплатного программного обеспечения. Бытует мнение, что бесплатные геометрические ядра является менее качественными, чем коммерческие продукты, именно поэтому при их внедрении в производстве могут возникать различные проблемные ситуации: начиная от малой надежности до сравнительно низкой интерактивности. На самом деле в реальности происходит все несколько иначе в зависимости от ситуации. Библиотека Open Cascade, удачно объединяет в одном целом достаточно длительный промышленный срок существования и высокую конкурентоспособность геометрических вычислений.

При рассмотрении основных функций Open Cascade, акцентируя внимание на главных компонентах ядра, следует отметить, что хотя в определенных нюансах библиотека Open Cascade уступает некоторым коммерческим аналогам, она содержит ряд значительных преимуществ, а именно:

Промышленная надежность – за длительное время эксплуатации библиотека Open Cascade достаточно много раз применена в проектах разработки различных приложений в самых разнообразных видах промышленности, а именно в самолетостроении, космонавтике, агропромышленности, машиностроении, кораблестроении, и в других индустриальных отраслях.

В итоге полученных опытных наработок появилась постоянно совершенствуемая база нерегрессионных испытаний.

Большим преимуществом является то, что в открытом программном обеспечении код библиотеки предоставлен в полном распоряжении программиста, что позволяет разработчику достаточную независимость от компании-поставщика.

Open Cascade представляет собой библиотеку геометрического моделирования, иначе говоря, геометрическое ядро. Open Cascade использует граничное предоставление (B-Rep) для трехмерных моделей. При этом в таком представлении основными понятиями являются геометрия и топология, которые рассматриваются в ограниченном определении. Например, под геометрией традиционно следует понимать математическое описание формы, в виде кривых и поверхностей Безье, NURBS-представления и тому подобное, а топология представляет собой структуру данных, которая позволяет соединять геометрические объекты в одно целое. Данный аспект приравнивает библиотеку к таким продуктам как Parasolid и C3D. [5]

Для создания проекта Open Cascade необходимо настроить нужные компоненты вместе со сборкой, а именно: FreeImage, FreeType, VTK, TCL/TLK.

Чтобы выполнить выдавливание воспользуемся функцией BRepPrimAPI__MakePrism, в которой нужно указать поверхность для выдавливания, направление и расстояние выдавливания.

В ближайшее время Open Cascade целенаправленно усиленно работает для известности своего ядра. В связи с тем, что в продукте имеется открытый исходный код, а его публикация прошла уже достаточно давно, то само собой разумеется, что большое количество пользователей может принимать участие в развитии ядра.

Также необходимо подчеркнуть, что библиотека Open Cascade доступна под лицензией GNU/LGPL. При этом пользователь имеет свободный доступ к использованию этого ядра в любом приложении, не раскрывая исходного кода. Программный интерфейс Open Cascade представлен на рис. 3.

Заключение

Были проанализированы геометрические ядра Parasolid, Open Cascade и C3D. В ходе проведенного анализа были изучены сравнительные свойства каждого из ядер, рассмотрены основные преимущества и особенности работы. Каждое из геометрических ядер имеет как свои достоинства, так и недостатки. Определенные из них имеют свои экономические выгоды, такие, как общедоступность для применения и развитие проекта за счет сообщества, но при приобретении

проприетарного программного обеспечения также имеется возможность поддержки производителя.

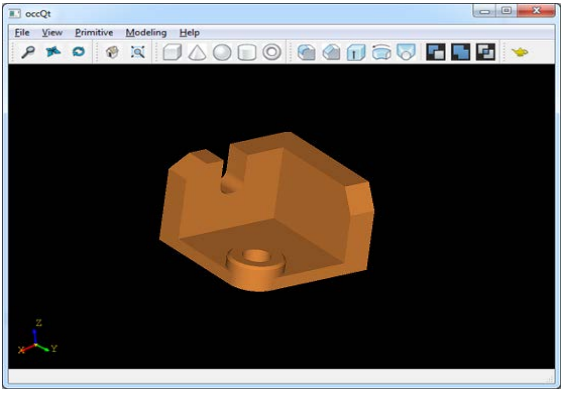


Рис. 3. Приложение Open Cascade

Представленные в работе приложения, использующие геометрические ядра можно использовать в промышленных целях в зависимости от вида разрабатываемых объектов. В целом, все рассмотренные ядра являются вполне конкурентоспособными и рентабельными программными продуктами, которые достойны внимания самого широкого круга пользователей в различных отраслях, соразмерно финансовой состоятельности тех лиц, которые будут их использовать по назначению и потребности в применении.

Список литературы

1. Parasolid brochure – Siemens PLM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/3847_tcm1023-7382.pdf

2. Геометрическое ядро – C3D Modeler [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://c3dlabs.com/ru/products/c3d-toolkit/modeler/

3. C3D Toolkit: Построение тел [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://c3d.ascon.ru/doc/math/group___solid___modeling.html

4. Абросимов С. Н. Основы компьютерной графики САПР изделий машиностроения (MCAD): учебное пособие/ С.Н. Абросимов// Балт. гос. техн. ун-т. – Спб., 2014. С. 19-21.

5. Еремин И. А. Open CASCADE – инструмент для разработки системы автоматизированного проектирования/ И. А. Еремин, В. А. Рыжков, А. А. Килина// Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 12-2. С. 82-85.

XIII школа-конференция

«Информатика в образовании»

Секция 1
Методика преподавания информатики

Применение математических знаний при написании программ

Г. В. Гаркавенко, email: g.garkavenko@mail.ru

Воронежский государственный педагогический университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается то, как можно исследовать работу математических формул с использованием программирования. И демонстрируется, что получаемые в школе и вузе математические знания можно и нужно применять при решении различных задач, в частности в программировании.*

Ключевые слова: *исследовательская работа, программирование, математика, движение по окружности.*

Введение

Очень часто на вопрос «Для чего надо изучать математику?» школьники отвечают «Для поступления в вуз» или в лучшем случае «Для подсчета стоимости покупки». Ненамного лучше дело обстоит и со студентами, даже математических специальностей. Они знают, что «вот это» нужно для вычисления «вот того-то», и даже знают, как «это» решить. Но, как и где это можно применить на практике, как для решения задачи использовать комбинацию различных методов [1], вот здесь возникают затруднения.

Сейчас востребованы профессии, связанные с программированием. Студенты, изучая язык программирования пытаются сразу написать программу из команд, порой не задумываясь, что главным является алгоритм [2], а не просто синтаксически правильно написанные команды, которые выдают порой неправильный ответ, при том, что программа не содержит синтаксических ошибок. При создании алгоритма решения задачи требуется не только знание языка и приемов программирования, но и знание математических формул и законов. Тем, кто посвятил себя программированию необходимо знать математику, конечно уровень этих знаний может варьироваться в зависимости от специализации. Например, многие не понимают зачем изучать делимость чисел и сравнимость чисел по модулю. А ведь все эти вещи используются в шифровании, при защите информации. Одним из популярных направлений сейчас для освоения является робототехника. В связи с созданием роботов-манипуляторов рассматриваются прямая и обратная задачи кинематики [3], в зависимости от вида сочленений роботов относят к одной из категорий, а

© Гаркавенко Г. В., 2022

соответственно они отличаются тем, что работают в различных системах координат. Для понимания того, по какой траектории движется манипулятор нужны знания, полученные при изучении линейной алгебры и аналитической геометрии, знание того как описываются различные траектории движения и преобразуются координаты. На занятиях по высшей математике изучение таких формул осуществляется с помощью бумаги и ручки, а хотелось бы, чтобы студенты провели исследование работы таких формул на каком-либо более практическом примере. Организация исследовательской деятельность обучающихся, одновременно и сложная и полезная задача [4]. Итак, одним из движений, которое осуществляет робот-манипулятор, является движение по дуге. В соответствии с этим, рассмотрим небольшой пример задания движения по окружности.

1. Пример применения школьных знаний по математике

Пусть необходимо написать программу, создающую простую графическую анимацию: вращение луны вокруг Земли.

Так как в тексте статьи невозможно продемонстрировать само движение для наглядной демонстрации изобразим на плоскости в декартовой системе координат окружность, которая будет изображать траекторию движения (орбиту луны) и небольшие круги (модель луны), расположенные вдоль этой траектории, вернее на круговой траектории будут находится центры малых кругов.

Для написания программы будем использовать язык программирования Python и библиотеку Tkinter.

Простое, прямолинейное движение какого-либо объекта создать несложно, чаще всего его создают, давая приращения координатам объекта. Также можно использовать уравнение прямой $y = ax + b$, задавая значения x и вычисляя соответствующие значения y.

А как изменять координаты, чтобы объект перемещался по окружности. Вспомним, что в школьном курсе математики изучается уравнение окружности $x^2 + y^2 = R^2$, и можно попробовать выразить y через x, $y = \pm\sqrt{R^2 - x^2}$, а затем, задавая значения переменной x, вычислить вторую координату. Но надо помнить, что под корнем не должно быть отрицательного числа, и корень взятый с плюсом или с минусом описывает только половину окружности, в верхней и нижней полуплоскостях. В нашей задаче R – это радиус окружности, задающей траекторию движения «луны», а координаты точек (x, y) задают положение центра маленького круга, изображающего «луну».

Итак, в Python, с использованием библиотеки Tkinter, зададим графическое окно с холстом для рисования и изобразим по центру координатные оси. При создании графических объектов отсчет их координат идет от левого верхнего угла окна. Будем организовывать отсчет координат от точки пересечения прямых, изображающих координатные оси, и обозначим координаты центра (x0, y0).

Листинг 1

Создание графического окна

```
from tkinter import *

size=400
my_win=Tk()
my_win.title("ПО окружности")
ris=Canvas(my_win, width=size, height=size, bg='white')
ris.pack()
m=10
color="#0bb"
## Начало координат
x0=size/2
y0=size/2
## Рисование оси OY
ris.create_line((x0,0),(x0,size))
## Рисование оси OX
ris.create_line(0,y0,size,y0)
```

Далее зададим радиус окружности, задающей траекторию движения *R* и радиус «луны» *r*. В цикле, задающем изменения *x* на отрезке *[-R, R]*, будем вычислять соответствующий *y*, и рисовать маленькие окружности с центрами в точках *(x, y)* и *(x, -y)*. Причем начинать будем в точке с координатами *(R, 0)* и движение осуществлять в верхней полуплоскости против часовой стрелки, как это принято в математике.

Листинг 2

Изображение движения по окружности

```
r=5
R=size/2-50
ris.create_oval(x0-R,y0-R,x0+R,y0+R)
x=R
y=0
x1=x0+x
y1=y0+y
ris.create_oval(x1-r,y1-r,x1+r,y1+r,fill=color)
while x > -R:
    x=x-10
    y=int((R*R-x*x)**(0.5))
    x1=x0+x
```

Окончание листинга 2

```
    y1=y0-y
    y2=y0+y
    ris.create_oval(x1-r,y1-r,x1+r,y1+r,fill=color)
    ris.create_oval(x1-r,y2-r,x1+r,y2+r,fill=color)
my_win.mainloop()
```

Результат работы программы представлен на рисунке 1 ниже.

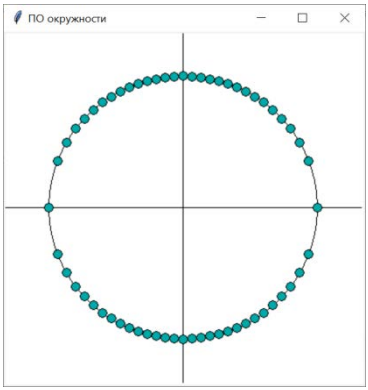


Рис. 1. Изображение движения по окружности на основе школьных знаний

Конечно, для анимации движения маленькой окружности по траектории, которую задает большая окружность, надо написать два цикл первый при изменении x от R до –R задавать движение по верхней половине окружности, а второй при изменении x от -R до R задавать движение по нижней половине окружности. Как бы мы не подбирали шаг для изменения x, скачков около оси OX, как это видно из рисунка 1 избежать не удастся.

А как задать движение по траектории, представляющей эллипс? А если оси эллипса не совпадают с осями координат?

В школьном курсе математики другого представления для окружности не изучается, хотя если хорошо подумать, можно вспомнить о тригонометрической окружности и заподозрить, что какая-то связь между тригонометрической окружностью и уравнением окружности есть.

2. Использование знания высшей математики для создания траектории движения по окружности

Студенты, в курсе математического анализа или высшей математики изучают параметрическое задание кривых, в частности окружности. И

порой не знают зачем это нужно и как это можно применить. А применить можно, например, для создания движения по нужной траектории.

Параметрическое задание эллипса имеет вид:

$$x = R_1 \cos t$$

$$y = R_2 \sin t$$

Здесь t параметр, задающий угол на который переместится точка от оси OX вдоль окружности. R_1 – радиус эллипса по оси OX, R_2 – радиус эллипса по ось OY. Если $R_1 = R_2 = R$, то мы получим параметрическое задание окружности.

Тогда цикл рисования маленьких окружностей вдоль траектории, задаваемой большой окружностью примет вид:

Листинг 3

Программа рисующая движение по окружности с использованием параметрического задания

```
x1=x0+R
y1=y0
t=0
while t < 2*pi:
    t=t+0.05
    x=R*cos(t)
    y=R*sin(t)
    x1=x0+int(x)
    y1=y0-int(y)
    ris.create_oval(x1-r,y1-r,x1+r,y1+r,fill=color)
```

Результат работы такой программы представлен на рисунке 2. Параметр *t* пробегает полный круг от 0 радиан до 2π. Правда для работы с тригонометрическими функциями в Python пришлось подключить библиотеку math.

И последнее, необходимо задать движение по эллипсу, оси которого не совпадают с осями исходной системы координат, то есть не являются горизонтальной и вертикальной линиями. Пусть эллипс повернут относительно оси OX на угол α (его будем задавать в радианах).

В этом случае также поможет знание математики, в частности, формулы, позволяющие осуществлять переход от одной системы координат к другой системе координат. В нашем случае центр новой системы координат будет совпадать с центром исходной системы координат, точкой (x0, y0). В общем случае это может быть не так. А оси новой системы координат будут совпадать с осями нашего эллипса, задающего траекторию движения, то есть повернут относительно исходных осей на угол α. Вспомним из аналитической геометрии

формулы позволяющие вычислить координаты точки относительно старой (исходной) системы координат, если известны координаты точки в новой системе координат:

$$x = x'\cos\alpha - y'\sin\alpha;$$

$$y = x'\sin\alpha + y'\cos\alpha.$$

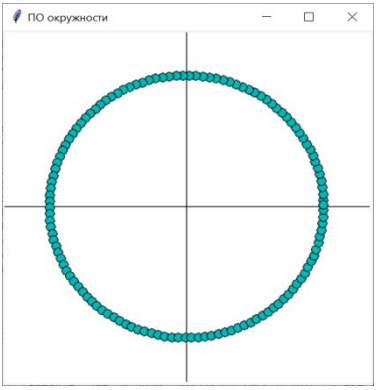


Рис. 2. Вид расположения маленьких кружков по круговой траектории при использовании параметрического задания окружности

Напишем программу, которая для сравнения рисует движение маленького круга по эллиптической траектории в исходной системе координат и в системе координат с поворотом осей на 60°.

Листинг 4

Программа рисования движения по различным эллипсам

```
from tkinter import *
from math import *
size=400
my_win=Tk()
my_win.title("ПО окружности")
ris=Canvas(my_win, width=size, height=size, bg='white')
ris.pack()
color="#eed"
ris.create_line((size/2,0),(size/2,size))
ris.create_line(0,size/2,size,size/2)
r=5
x0=size/2
y0=size/2
R=size/2-50
ris.create_oval(x0-R,y0-R,x0+R,y0+R)
```

Окончание листинга 4

```
R1=R
R2=R-100
x1=x0+R
y1=y0
t=0
while t < 2*pi:
    t=t+0.05
    x=R1*cos(t)
    y=R2*sin(t)
    x1=x0+int(x)
    y1=y0-int(y)
    ris.create_oval(x1-r,y1-r,x1+r,y1+r,fill=color)
x1=x0+R
y1=y0
alpha=pi/3
t=0
while t < 2*pi:
    t=t+0.05
    x=R1*cos(t)
    y=R2*sin(t)
    x1=x*cos(alpha)-y*sin(alpha)
    y1=x*sin(alpha)+y*cos(alpha)
    x1=int(x1)+x0
    y1=-int(y1)+y0
    ris.create_oval(x1-r,y1-r,x1+r,y1+r,fill="#ccd")
my_win.mainloop()
```

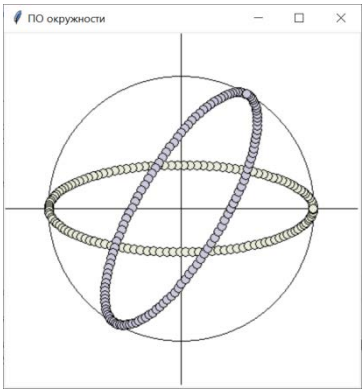


Рис. 3. Результат работы программы из листинга 4

Заключение

Наука математика, состоит из различных разделов, каждый из которых изучается отдельно. Но для решения какой-либо практической

задачи зачастую требуются знания из различных областей математики, умение использовать комбинацию различных методов [1]. А вот демонстрация того, как использовать математические знания на практике, нетривиальная задача. Часто для решения математических задач используется программирование, и наоборот, при решении проблем, возникающих в программировании [5], используются математические методы. Сейчас в сети Интернет можно найти множество средств, позволяющих произвести математические вычисления [6], но их использование возможно только тогда, когда имеется математическая модель и известен метод решения поставленной задачи. А вот научиться строить математические модели и находить методы их исследования сложно.

Список литературы

1. Гаркавенко, Г. В. Изучение численных методов на одном модельном примере / Г. В. Гаркавенко, В. Н. Турбин // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Редколлегия: В.В. Малев (науч. ред.), А.А. Малева (отв. ред.), М.В. Дюжакова, С.О. Башарина. 2020. – С. 73-77.
2. Гаркавенко, Г. В. О проблемах преподавания языков программирования в педагогическом вузе / Г. В. Гаркавенко, Е.А. Кубряков// Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании материалы XVIII Международной школы-конференции. – Воронеж, 2018. – С. 17-22.
3. Колтыгин, Д. С. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором / Д. С. Колтыгин, И. А. Седельников // Системы. Методы. Технологии. – 2020 – № 4 (48) – С. 65-74
4. Гаркавенко, Г. В. Пример исследовательской деятельности на уроках информатики / Г. В. Гаркавенко, В. В. Морозова // В сборнике: Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Москва, 2021. С. 92-98.
5. Башарина, С. О. Исследование особенностей работы с вещественными числами / С. О. Башарина, Г. В. Гаркавенко, Е. Р. Найденкина // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции. Под редакцией А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – С. 1791-1797.
6. Гаркавенко, Г. В. Использование информационных технологий при изучении численного интегрирования / Г. В. Гаркавенко, В. В. Морозова // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы. Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции. Редколлегия: Р.М. Чудинский (науч. ред.) [и др.]. Воронеж, 2021. С. 93-98.

Феминизация современного образования и её воздействие на академическую успеваемость школьников по информатике

М. Н. Князев, email: maksim.kniazeff2012@yandex.ru

МБОУ СОШ № 47 г. Воронеж

Аннотация. *Данная работа представляет результаты изучения вопроса о степени воздействия феминизации современного образования на академическую успеваемость школьников по предмету «Информатика» в конкретных условиях школы.*

Ключевые слова: *гендерный состав класса, академическая успеваемость, женская модель обучения и воспитания, гендерная компетенция.*

Введение

Анализ научно-педагогической литературы по данному вопросу позволяет заключить, что технологии обучения, применяемые в школе, практически не учитывают психофизиологических особенностей детей разного пола. Кроме того, современная школа, в которой преобладают педагоги женщины, в большой степени ориентирована на обучение девочек и требует проявления учениками качеств, присущих прежде всего девочкам: прилежание, аккуратность, дисциплинированность. Как свидетельствует Л. В. Градусова [1], такое положение не только не позволяет повысить эффективность образовательного процесса, но и наносит ущерб физическому и психическому развитию учащихся.

Более того, существующие в современном образовании стратегии обучения, формы и методы работы с детьми рассчитаны в большей степени на девочек, ориентированы на женскую модель поведения, так как требуют в первую очередь прилежания, сосредоточенного внимания, дисциплины, усидчивости.

Мальчики более подвижны, непоседливы, непослушны, у них чаще возникают конфликты, поэтому они получают больше дисциплинарных замечаний, отрицательных оценок, их чаще наказывают. По мнению Б. Хартли [2], более низкие достижения мальчиков в учёбе, чем у девочек, частые нарушения дисциплины, объясняются тем, что роль «настоящей женщины» и «хорошей ученицы» в обществе не противоречат друг другу, в то время как роль «хорошего ученика» и «настоящего мужчины» во многом не совпадают. Это противоречие объясняет отрицательное

© Князев М. Н., 2022

отношение к учению мальчиков, где, по их мнению, нет места для проявления мужских качеств.

Отсутствие достаточных возможностей для выражения маскулинности в обычной жизни нередко приводит к выражению её на внесоциальной основе, преобладанию мальчиков с девиантным поведением.

Мальчики и девочки имеют разные сроки физического и психического созревания, в результате в одном классе присутствуют дети, имеющие существенные различия в физических, психических и социальных качествах.

Австралийский психолог С. Биддалф [2] обращает внимание на то, что в возрасте 6–7 лет, когда дети начинают учёбу в школе, мальчики на 12 месяцев отстают от девочек в умственном развитии. Особенно заметно отставание в сфере мелкой моторики. Недостаточная готовность большинства мальчиков к освоению письма ведёт к низкой успеваемости и создаёт у них «ситуацию неуспеха». Далее, подчёркивает исследователь, находясь в стадии развития крупной моторики, мальчики испытывают постоянное желание двигаться, поэтому у них неизбежны проблемы с усидчивостью. Выход из данной ситуации ученый видит в том, чтобы отдавать мальчиков в школу на год позднее, чем девочек. В школе мальчики должны быть на год старше девочек, сидящих с ними за партой, что будет способствовать уравниванию их возможностей.

Усугубляет неблагоприятную ситуацию полоролевого развития мальчиков всё более усиливающаяся феминизация воспитания в семье и образовательных учреждениях. Рост числа неполных семей, абсолютное преобладание в дошкольных учреждениях и школе педагогов женского пола делают мужскую модель поведения малодоступной для подражания.

В то же время, как подчёркивают многие исследователи, мальчики испытывают по сравнению с девочками, более сильное давление со стороны социума (семьи, сверстников, педагогов) в отношении полоспецифического поведения. Более жёсткие требования к полоролевому поведению мальчиков во многом обусловлены наличием в культуре и общественном сознании жёстко заданного образа «настоящего мужчины». К тому же традиционные стереотипы мужского поведения более узки и категоричны по сравнению с женскими стереотипами.

Неблагоприятная для мальчиков ситуация гендерной социализации усугубляется, по утверждению Ю. В. Алешиной, А. С. Волович [2], тем, что в нашей стране, по сравнению с другими странами, мальчики существенно ограничены в проявлении собственно маскулинных качеств. Взрослые не одобряют проявления мальчиками традиционных

маскулинных качеств – агрессии, двигательной активности, видя в них прежде всего источник беспокойства.

И. Е. Токарь в своей статье «Влияние гендерных различий на успешность обучения мальчиков и девочек» [3], говорит, что у мальчиков чаще, чем у девочек, отмечается неуспеваемость, связанная с недостатками учебной деятельности, с отрицательным отношением к учению, с низким уровнем воспитанности и проблемным поведением (гиперактивность, непоседливость, раскованность), большинству мальчиков не достаёт усидчивости, внимательности, аккуратности, прилежания. Среди неуспевающих школьников значительно преобладают мальчики, от первых классов до конца школы оценки у них хуже, чем у девочек.

В качестве одного из путей выхода из сложившейся ситуации, мировая педагогика видит в раздельном обучении девочек и мальчиков. Так, С. Биддалф приводит пример эксперимента с раздельным обучением английскому языку в одной из школ Англии. Учитывая, что мальчики показывают худшие результаты в освоении языка, чем девочки, в школе скорректировали программы обучения таким образом, чтобы они были интересны и для мальчиков, и для девочек. Кроме того, для мальчиков ввели курс интенсивного чтения и письма в классе. В результате двухлетнего эксперимента значительно повысилась успеваемость по английскому языку, как у мальчиков, так и у девочек. Но особенно заметным оказалось повышение успеваемости у мальчиков – на 400 %.

Другие учёные видят решение проблемы в реализации гендерного подхода в педагогической практике, в повышении педагогами своей гендерной компетенции, которая предполагает сформированность у преподавателя, учителя, воспитателя понимания предназначения мужчин и женщин в обществе, их статуса, функций и взаимоотношений [4]. Важной для педагога является также способность критического анализа своей профессиональной деятельности как представителя определённого гендера.

Так, в работе в маскулинно ориентированных группах педагогу следует подбирать материал, исходя из его практической ценности, обязательно делать обобщения и выводы в конце занятия, организовывать диалоги и дискуссии, особое внимание обращать на логичность и доказательность рассуждений, организовывать исследовательскую работу в парах. В феминно ориентированных группах необходимо чаще использовать коллективные формы работы, использовать примеры, воздействующие на эмоциональную сферу.

1. Объект, предмет, цели и задачи, методы исследования, исследовательская база, источник данных

Имея в виду изложенное выше, в нашем исследовании мы поставили перед собой **цель**: выяснить, истинно ли то, что в нашей школе мальчики в бóльшей своей массе учатся хуже девочек. Если такой факт подтвердится, то проанализировать количественный и гендерный состав классов, высказать возможную причину сложившейся ситуации.

В ходе исследования целесообразным оказалось решение следующих **задач**:

1) установить в диахронии динамику образования оценок по выбранным классам раздельно у мальчиков и у девочек;

2) установить в синхронии систему оценок по выбранным классам раздельно у мальчиков и у девочек.

Иными словами, мы получили ответы на вопросы: у кого выше успеваемость в классе – у мальчиков или у девочек? Какова динамика успеваемости у мальчиков и у девочек по годам? Девочки учатся всегда лучше мальчиков, не зависимо от гендерного соотношения в классе?

В качестве **исследовательской базы** мы взяли 6-9 классы средней школы № 47 г. Воронежа. **Предметом исследования** послужила академическая успеваемость учащихся в данной школе по информатике. **Объектом изучения** стало **процентное отношение** количества определённых оценок («2», «3», «4», «5») по информатике к общему числу девочек или мальчиков в выбранных классах.

Источник полученных данных – автоматическая информационно-аналитическая система Воронежской области (АИАС ВО) «Дневник.ру».

В исследовании мы использовали **следующие методы** [5]:

1) *Изучение школьной документации* – классных журналов с объективными данными, характеризующими реально сложившуюся практику организации образовательного процесса.

2) *Статистический метод* применялся при обработке массового материала – при определении процентного отношения количества определённых оценок («2», «3», «4», «5») к общему числу девочек или мальчиков в классе.

3) *Теоретический анализ* – анализировались отдельные факты, группировались, систематизировались, выявлялось в них общее и особенное, устанавливался общий принцип или правило. Анализ сопровождался синтезом, который помогает проникнуть в сущность изучаемых педагогических явлений.

2. Результаты проведённого исследования

В качестве периода исследования мы выбрали 2 учебную четверть. Именно в этой четверти мы фиксируем устоявшийся коллектив – все

«втянулись» в учёбу, нет новых учащихся в коллективе и поэтому отсутствует влияние новеньких на коллектив. Мы исследовали:

1) академическую успеваемость 6Д, 7Д, 8Д, 9Д классов по информатике в синхронии по постоянному параметру – 2 учебная четверть 2021-2022 уч.г.

2) академическую успеваемость параллели (9Б, 9В, 9Г, 9Д классы) по информатике в синхронии по постоянному параметру – 2 учебная четверть 2021-2022 уч.г.

3) академическую успеваемость нынешних 8Д и 9Д классов по информатике в диахронии (2018-2019, 2019-2020, 2020-2021 2021-2022 уч.г.) по двум постоянным параметрам – 2 учебная четверть и относительное численное постоянство коллектива классов. Период раньше 2018 года брать было нельзя по той причине, что до пятого класса информатика не изучается, а 10 класс брать было нельзя, потому что там не соблюдается условие постоянства коллектива, полученные данные могут быть некорректны.

В **результате** изучения школьной документации было выведено процентное отношение количества определённых оценок («2», «3», «4», «5») к общему числу девочек или мальчиков в классах. Итоги исследования представлены в таблицах 1-4.

Таблица 1

В диахронии: нынешний 9Д класс (по учебным годам)

учебный год	2018-2019		2019-2020		2020-2021		2021-2022	
	д.	м.	д.	м.	д.	м.	д.	м.
«5»	0/11 0%	5/15 33%	0/11 0%	2/15 13%	3/11 28%	4/16 25%	0/11 0%	2/16 13%
«4»	5/11 45%	8/15 54%	6/11 55%	8/15 54%	4/11 36%	9/16 56%	1/11 9%	4/16 25%
«3»	6/11 55%	2/15 13%	5/11 45%	5/15 33%	4/11 36%	3/16 19%	10/11 91%	9/16 56%
«2»	0/11 0%	0/15 0%	0/11 0%	0/15 0%	0/11 0%	0/16 0%	0/11 0%	1/16 6%

В диахронии: нынешний 8Д класс (по учебным годам)

учебный год	2018-2019		2019-2020		2020-2021		2021-2022	
	д.	м.	д.	м.	д.	м.	д.	м.
«5»	3/12 25%	4/16 25%	6/11 55%	4/17 24%	5/11 45%	2/17 12%	0/9 0%	1/14 7%
«4»	7/12 58%	9/16 56%	3/11 27%	8/17 47%	6/11 55%	9/17 53%	7/9 78%	5/14 36%
«3»	2/12 17%	3/16 19%	2/11 18%	5/17 29%	0/11 0%	6/17 35%	2/9 22%	8/14 57%
«2»	0/12 0%	0/16 0%	0/11 0%	0/17 0%	0/11 0%	0/17 0%	0/9 0%	0/14 0%

Таблица 2

В синхронии: 6Д, 7Д, 8Д, 9Д классы (2021-2022 уч.г.)

класс	6Д		7Д		8Д		9Д	
	д.	м.	д.	м.	д.	м.	д.	м.
«5»	5/12 42%	6/13 46%	8/13 62%	4/15 27%	0/9 0%	1/14 7%	0/11 0%	2/16 13%
«4»	5/12 42%	4/13 31%	4/13 31%	5/15 33%	7/9 78%	5/14 36%	1/11 9%	4/16 25%
«3»	2/12 16%	3/13 23%	1/13 7%	6/15 40%	2/9 22%	8/14 57%	10/11 91%	9/16 56%
«2»	0/12 0%	0/13 0%	0/13 0%	0/15 0%	0/9 0%	0/14 0%	0/11 0%	1/16 6%

Таблица 3

В синхронии: параллель (9Б, 9В, 9Г, 9Д классы) (2021-2022 уч.г.)

класс	9Б		9В		9Г		9Д	
	д.	м.	д.	м.	д.	м.	д.	м.
«5»	3/15 20%	1/14 7%	3/16 19%	3/14 21%	11/14 79%	3/15 20%	0/11 0%	2/16 13%
«4»	9/15 60%	8/14 57%	10/16 62%	7/14 50%	3/14 21%	8/15 53%	1/11 9%	4/16 25%
«3»	3/15 20%	5/14 36%	3/16 19%	4/14 29%	0/14 0%	4/15 27%	10/11 91%	9/16 56%
«2»	0/15 0%	0/14 0%	0/16 0%	0/14 0%	0/14 0%	0/15 0%	0/11 0%	1/16 6%

Общее количество учащихся, по которым проводилось исследование, составило 191 человек, из которых 90 девочек и 101 мальчик.

Таким образом, в 9Б – 9Г (кроме 9Д) девочки учатся лучше («четвёрок» и «пятёрок» больше, чем у мальчиков), мальчики учатся хуже. В 9Г у девочек «четвёрок» меньше, чем у мальчиков из-за того, что б*о*льшая часть девочек в классе имеет «пятёрки», т.е. они значительно оторвались в успеваемости от мальчиков.

В 6Д – 8Д (кроме 9Д) девочки учатся лучше («четвёрок» и «пятёрок» больше, чем у мальчиков), мальчики учатся хуже. Но в 9Д «двойка» стоит только у мальчика; в 8Д «пятёрок» больше у мальчиков.

В 8Д классе в диахронии только в первый год изучения информатики (2018-2019 уч.г.) успеваемость среди девочек и мальчиков была примерно равная (соотношение мальчиков и девочек 16 : 12), но затем на протяжение последующих 2 лет произошла корректировка и наблюдалась похожая картина: девочки получают «четвёрок» меньше, чем мальчики, в 2021-2022 уч.г. девочки получают «пятёрок» меньше, чем мальчики, при этом соотношение мальчиков и девочек в классе составило 17 : 11 и 14 : 9 соответственно (табл. 2).

В 9Д в диахронии на протяжение 4 лет наблюдалась похожая картина: девочки учатся хуже («четвёрок» и «пятёрок» меньше, чем у мальчиков), мальчики учатся лучше. Количество мальчиков в классе превышает число девочек 16 : 11.

Заключение

Итак, гендерное соотношение в классе в целом не влияет на успеваемость девочек и мальчиков, но если количество мальчиков заметно превышает количество девочек, наблюдается тенденция для мальчиков учиться лучше. Это хорошо видно в синхронии 6Д, 7Д, 8Д, 9Д классы 2 четверть 2021-2022 уч.г. по предмету «Информатика» (табл. 3).

Осмелимся предположить, почему такая ситуация имеет место: есть основания полагать, что в данных обстоятельствах учителя, проводившие уроки в классах с доминирующим количеством мальчиков (8Д, 9Д), адаптировали подачу учебного материала именно под восприятие маскулинно-ориентированного коллектива, а психофизиологическими особенностями восприятия девочек пренебрегли.

В заключение, основываясь на полученных в результате проведённого исследования данных, осмелимся сказать, что в современной школе не всегда проводится политика феминнно-ориентированного обучения, даже при наличии доминирующего числа педагогов-женщин. Скорее, дело обстоит в том, что педагог, организуя образовательный процесс, невольно адаптирует методику обучения, ориентируясь на гендерное большинство в обучаемом коллективе, поэтому вопрос совершенствования гендерной компетенции педагогов на сегодняшний день по-прежнему остаётся актуальным.

Список литературы

1. Градусова, Л. В. Гендерная педагогика: учеб. пособие / Л. В. Градусова. – М.: Флинта, 2011. – 358 с.

2. Безруких, Е. Б. Понимание гендерных стереотипов в педагогике / Е. Б. Безруких // Молодой ученый. – 2012. – № 4. – С. 397-399.

3. Токарь, И. Е. Влияние гендерных различий на успешность обучения мальчиков и девочек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://otk-mir.ucoz.com

4. Тонких, С. А. Технология формирования гендерной компетенции будущего педагога / С. А. Тонких // Известия ВГПУ : Педагогические науки. – 2017. – С.46-49.

5. Общая педагогика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. А. Сластенин [и др.] ; ред. В. А. Сластенин: В 2 ч. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. – Ч. 1. – С.25-29.

Разработка рекурсивного алгоритма решения олимпиадной задачи по информатике на переливания

Ю. В. Кулаков, email: kulak@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Разработан алгоритм решения олимпиадной задачи на переливания, который во всех рассмотренных вариантах исходной наполненности сосудов гарантированно находит кратчайший путь переливаний или, по крайней мере, не явно сократимый путь.*

Ключевые слова: *задача на переливания, рекурсивный алгоритм, исходная наполненность сосудов, явно сократимый путь переливаний, кратчайший путь переливаний.*

Введение

Задачи на переливание – один из видов старинных задач. Они возникли много веков назад, но до сих пор вызывают интерес у любителей математики в качестве логических задач.

Часто суть этих задач сводится к следующему. Имея несколько сосудов разного объёма, один из которых наполнен жидкостью, требуется разделить её в каком-либо отношении или отлить какую-либо ее часть при помощи других сосудов за наименьшее число переливаний.

В задачах на переливания требуется указать последовательность действий, при которой осуществляется требуемое переливание и выполнены все условия задачи.

Не обошли стороной задачи на переливания и разработчики олимпиадных задач по информатике и программированию. В частности, задачу с соответствующим названием «Переливания», решаемую в данной работе, можно найти в интернете в качестве одной из задач I Всероссийской заочной олимпиады школьников по информатике [1].

1. Постановка олимпиадной задачи

Есть три сосуда с водой. В одном из них A миллилитров воды, в другом – B миллилитров, в третьем – C. Разрешается следующая операция. Можно перелить воду из одного сосуда в другой так, чтобы в том сосуде, в который мы переливаем, количество воды после переливания было в два раза больше, чем до переливания. То есть, если до переливания в сосудах было A, B и C миллилитров соответственно, и мы переливаем, например, из второго сосуда в третий, то после

© Кулаков Ю. В., 2022

переливания в сосудах должно оказаться A, B – C, 2C миллилитров соответственно (такое переливание можно делать только при условии, когда B ≥ C).

Требуется написать программу, которая определит, можем ли мы в результате освободить один из сосудов.

Входными данными являются неотрицательные целые числа A, B, C – количество воды в каждом из сосудов изначально.

Если освободить один из сосудов можно, то необходимо вывести сначала количество операций, которое для этого понадобится, а дальше – сами операции. Каждая операция описывается двумя числами – номером сосуда, из которого мы переливаем, и номера сосуда, куда переливаем. Минимизировать количество операций переливания не требуется.

Если освободить сосуд невозможно, то необходимо вывести одно число: минус 1.

Например, если A = 1, B = 2 и C = 10, то необходимо сделать два переливания: сначала переливание из третьего сосуда в первый, а затем из второго в первый. Если A = 0, B = 1 и C = 0, то никаких переливаний не требуется.

Заметим, что для других начальных объёмов воды в сосудах последовательность переливаний может быть далеко не очевидной. В данной работе сконструируем рекурсивный алгоритм решения рассматриваемой олимпиадной задачи, поскольку рекурсивное построение алгоритма является наиболее естественным путём решения проблем [2, 3].

2. Разработка алгоритма решения задачи

Для исследования разрабатываемого рекурсивного алгоритма решения олимпиадной задачи «Переливания» созданы с использованием генератора псевдослучайных последовательностей семь вариантов изначальной целочисленной (различной) наполненности сосудов (когда объёмы воды в каких-либо двух сосудах совпадают решение очевидно):

Вариант 1) A = 8, B = 3, C = 11.
Вариант 2) A = 10, B = 2, C = 6.
Вариант 3) A = 11, B = 14, C = 3.
Вариант 4) A = 4, B = 7, C = 2.
Вариант 5) A = 14, B = 5, C = 8.
Вариант 6) A = 5, B = 4, C = 6.
Вариант 7) A = 7, B = 6, C = 12.

Заметим, что принципиально возможных переливаний с использованием трёх сосудов (без учёта их наполненности) всего шесть. Перечислим их в лексикографическом порядке: из первого сосуда во второй (переливание 12), из первого в третий (переливание 13), из второго

в первый (переливание 21), из второго в третий (переливание 23), из третьего в первый (переливание 31) и, наконец, из третьего во второй (переливание 32).

Основной алгоритм решения задачи будет использовать вспомогательный рекурсивный алгоритм, названный нами именем «transfusion»:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Ввести значения наполненности сосудов A, B, C.

Шаг 3. Вызвать вспомогательный алгоритм transfusion.

Шаг 4. Конец (основного) алгоритма.

Начальная версия рекурсивного алгоритма transfusion (версия 0) была основана на идее рекурсивного выполнения допустимых переливаний в лексикографическом порядке и ожидания освобождения одного из сосудов:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Вывести значения наполненности сосудов A, B, C.

Шаг 3. Если A = 0 или B = 0 или C = 0, то конец алгоритма; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 4. Если A ≥ B, то вывести «–12–>», A ← A – B, B ← 2B, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе к следующему шагу.

Шаг 5. Если A ≥ C, то вывести «–13–>», A ← A – C, C ← 2C, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 6. Если B ≥ A, то вывести «–21–>», B ← B – A, A ← 2A, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе к следующему шагу.

Шаг 7. Если B ≥ C, то вывести «–23–>», B ← B – C, C ← 2C, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 8. Если C ≥ A, то вывести «–31–>», C ← C – A, A ← 2A, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 9. Если C ≥ B, то вывести «–32–>», C ← C – B, B ← 2B, вызвать вспомогательный алгоритм transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 10. Конец (вспомогательного) алгоритма.

Рассмотрим процессы переливаний, которые определяет вспомогательный рекурсивный алгоритм transfusion версии 0 в семи сгенерированный вариантах изначальной наполненности сосудов. При этом решение задачи будем называть успешным, если соответствующий процесс переливаний конечен и останавливается с освобождением одного из сосудов.

Вариант 1) (8, 3, 11) –12–> (5, 6, 11) –21–> (10, 1, 11) –12–> (9, 2, 11) –12–> (7, 4, 11) –12–> (3, 8, 11) –21–> (6, 5, 11) –12–> (1, 10, 11) –21–> (2, 9, 11) –21–> (4, 7, 11) –21–> (8, 3, 11) и так далее (рис. 1). Следовательно, количество переливаний n = ∞.

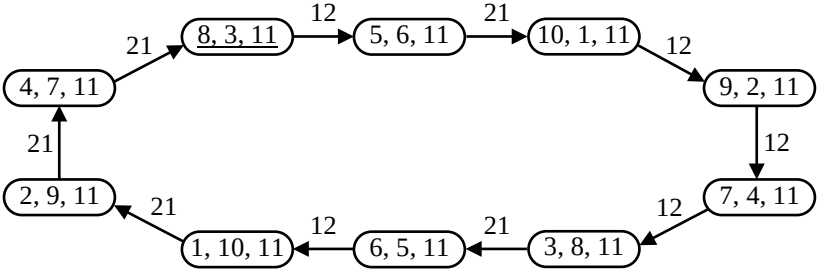


Рис. 1. Цикл бесконечных переливаний

Вариант 2) (10, 2, 6) –12–> (8, 4, 6) –12–> (4, 8, 6) –21–> (8, 4, 6) (Количество переливаний n = ∞).

Вариант 3) (11, 14, 3) –13–> (8, 14, 6) –13–> (2, 14, 12) –21–> (4, 12, 12) –21–> (8, 8, 12) –12–> (0, 16, 12) (успех, количество переливаний n = 5).

Вариант 4) (4, 7, 2) –13–> (2, 7, 4) –21–> (4, 5, 4) –13–> (0, 5, 8) (успех, n = 3).

Вариант 5) (14, 5, 8) –12–> (9, 10, 8) –13–> (1, 10, 16) –21–> (2, 9, 16) –21–> (4, 7, 16) –21–> (8, 3, 16) –12–> (5, 6, 16) –21–> (10, 1, 16) –12–> (9, 2, 16) –12–> (7, 4, 16) –12–> (3, 8, 16) –21–> (6, 5, 16) –12–> (1, 10, 16) (бесконечный цикл, n = ∞).

Вариант 6) (5, 4, 6) –12–> (1, 8, 6) –21–> (2, 7, 6) –21–> (4, 5, 6) –21–> (8, 1, 6) –12–> (7, 2, 6) –12–> (5, 4, 6) (бесконечный цикл, n = ∞).

Вариант 7) (7, 6, 12) –12–> (1, 12, 12) –21–> (2, 11, 12) –21–> (4, 9, 12) –21–> (8, 5, 12) –12–> (3, 10, 12) –21–> (6, 7, 12) –21–> (12, 1, 12) –12–> (11, 2, 12) –12–> (9, 4, 12) –12–> (5, 8, 12) –21–> (10, 3, 12) –12–> (7, 6, 12) (бесконечный цикл, n = ∞).

Анализ процессов переливаний говорит о том, что только в вариантах 3 и 4 задача решена успешно, т.е. освобождён один из сосудов за пять и три переливания соответственно. Однако, решение в варианте 3 могло быть получено за четыре переливания вместо пяти, если бы после наступления состояния наполненности сосудов (4, 12, 12) с одинаковым объёмом воды во втором и третьем сосудах было выполнено переливание 23 или 32 с получением состояний (4, 0, 24) и (4, 24, 0) соответственно.

В вариантах 1, 2, 5, 6 и 7 процессы переливаний попадают в некоторые бесконечные циклы.

Версия 1 рекурсивного алгоритма transfusion, по сравнению с его начальной версией – рекурсивного выполнения допустимых переливаний в лексикографическом порядке и ожидания освобождения одного из сосудов, предусматривает в процессе переливаний контроль выравнивания объёмов воды в каких-либо двух сосудах.

Приведём процессы переливаний, определяемые вспомогательным рекурсивным алгоритмом transfusion версии 1 в вариантах 3 и 7, поскольку только они отличаются от соответствующих процессов по алгоритму версии 0.

Вариант 3) (11, 14, 3) –13–> (8, 14, 6) –13–> (2, 14, 12) –21–> (4, 12, 12) –23–> (4, 0, 24) (успех, количество переливаний n = 4).

Вариант 7) (7, 6, 12) –12–> (1, 12, 12) –23–> (1, 0, 24) (успех, количество переливаний n = 2).

Анализ этих процессов говорит о том, что в варианте 3, как и ожидалось при контроле выравнивания объёма воды в каких-либо двух сосудах, решение получено за четыре переливания вместо пяти: после наступления состояния наполненности сосудов (4, 12, 12) было выполнено переливание 23 с получением состояния (4, 0, 24). В варианте 7 вместо зацикливания алгоритма transfusion версии 0 решение получено всего за два переливания. Однако в вариантах 1, 2, 5 и 6 процессы переливаний по-прежнему попадают в некоторые бесконечные циклы.

Во вспомогательном рекурсивном алгоритме transfusion версии 2 мы избавляемся от попадания процессов переливаний в бесконечные циклы за счёт использования внешней, по отношению к вспомогательному рекурсивному алгоритму, памяти. В ней хранятся состояния наполненности сосудов (A, B, C), начиная с исходного, по мере их наступления. При этом в процессе выполнения переливаний, если предполагаемое алгоритмом переливание приводит к состоянию наполненности, которое отсутствует в памяти состояний, то оно записывается в эту память и переливание реализуется; в противном случае предпринимается аналогичная попытка выполнения альтернативного переливания. Для экономии памяти ЭВМ и машинного времени при программной реализации алгоритма упомянутая выше внешняя память организована в виде бинарного дерева и использован алгоритм поиска по дереву со вставкой [4], названный нами именем «search_insert»:

Рассмотрим только те процессы переливаний по алгоритму transfusion версии 2, которые по алгоритму предыдущей версии были бесконечными.

Вариант 1) (8, 3, 11) –12–> (5, 6, 11) –21–> (10, 1, 11) –12–> (9, 2, 11) –12–> (7, 4, 11) –12–> (3, 8, 11) –21–> (6, 5, 11) –12–> (1, 10, 11) –21–> (2, 9, 11) –21–> (4, 7, 11) –31–> (8, 7, 7) –23–> (8, 0, 14) (успех, количество переливаний n = 11).

Вариант 2) (10, 2, 6) –12–> (8, 4, 6) –12–> (4, 8, 6) –23–> (4, 2, 12) –12–> (2, 4, 12) –31–> (4, 4, 10) –12–> (0, 8, 10) (успех, количество переливаний n = 6).

Вариант 5) (14, 5, 8) –12–> (9, 10, 8) –13–> (1, 10, 16) –21–> (2, 9, 16) –21–> (4, 7, 16) –21–> (8, 3, 16) –12–> (5, 6, 16) –21–> (10, 1, 16) –12–> (9, 2, 16) –12–> (7, 4, 16) –12–> (3, 8, 16) –21–> (6, 5, 16) –31–> (12, 5, 10) –12–> (7, 10, 10) –23–> (7, 0, 20) (успех, n = 14).

Вариант 6) (5, 4, 6) –12–> (1, 8, 6) –21–> (2, 7, 6) –21–> (4, 5, 6) –21-> (8, 1, 6) –12–> (7, 2, 6) –13–> (1, 2, 12) –21–> (2, 1, 12) –31–> (4, 1, 10) –12–> (3, 2, 10) –12–> (1, 4, 10) –21–> (2, 3, 10) –31–> (4, 3, 8) –12–> (1, 6, 8) –21–> (2, 5, 8) –32–> (2, 10, 3) –21–> (4, 8, 3) –21–> (8, 4, 3) (неудача, n = 17).

Сравнение данных решений с результатами работы алгоритма transfusion версии 1 позволяет сделать следующие выводы.

В вариантах 1, 2 и 5 достигнут прорыв – вместо бесконечного числа переливаний получаем успешное решение задачи за 11, 6 и 14 шагов соответственно.

Например, процесс переливаний в варианте 1 протекает таким образом.

Начальное состояние (8, 3, 11) помещается в корень пустого бинарного дерева.

Осуществление предполагаемых алгоритмом переливаний 12, 21, 12, 12, 12, 21, 12, 21, 21 последовательно приводит к состояниям наполненности (5, 6, 11), (10, 1, 11), (9, 2, 11), (7, 4, 11), (3, 8, 11), (6, 5, 11), (1, 10, 11), (2, 9, 11) и (4, 7, 11), которые вставляются в дерево.

Очередное предполагаемое алгоритмом переливание 21 приведёт к состоянию наполненности (8, 3, 11), которое присутствует в дереве и поэтому в дерево не вставляется и переливание не осуществляется.

Следующее, предполагаемое алгоритмом, переливание 31 приведёт к состоянию наполненности (8, 7, 7), которое отсутствует в дереве и поэтому вставляется в дерево, которое приобретает вид, изображённый на рис. 2. Переливание (4, 7, 11) –31–> (8, 7, 7) осуществляется.

Наконец в состоянии наполненности (8, 7, 7) алгоритм обнаруживает равенство объёмов воды во втором и третьем сосудах, выполняется последнее переливание (8, 7, 7) –23–> (8, 0, 14), что приводит к успешному решению задачи.

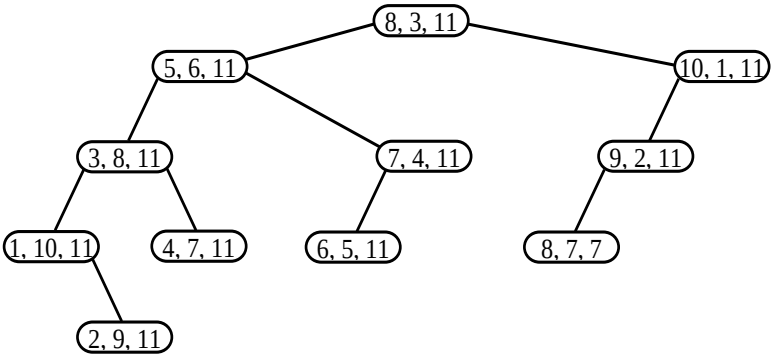


Рис. 2. Дерево наступивших состояний наполненности сосудов

Заметим, что вариант 6 заслуживает особенного внимания, в нём вместо бесконечного числа переливаний по алгоритму версии 1 получаем некоторое конечное состояние наполненности сосудов за 17 шагов, которое, однако, не является решением задачи, поскольку ни один сосудов не освобождён от жидкости.

Анализ данной ситуации говорит о том, что полученное в процессе переливаний конечное состояние наполненности сосудов (8, 4, 3) является тупиковым состоянием поиска. Эта ситуация характерна тем, что любое дальнейшее допустимое переливание из 12, 13 или 23 приводит к уже встречавшемуся в процессе данных переливаний состоянию наполненности сосудов (4, 8, 3), (5, 4, 6) и (8, 1, 6) соответственно. И поэтому алгоритм завершает свою работу, так и не дождавшись освобождения ни одного из сосудов.

Кроме того, пути переливаний, ведущие от изначальной наполненности сосудов (A, B, C) к освобождению одного из них, в полученных успешных решениях задачи, как правило, не являются кратчайшими.

Упомянутые в вариантах 1, 2, 4, 5 и 6 не кратчайшие пути переливаний назовём явно сократимыми путями.

В рекурсивном алгоритме transfusion версии 3 откажемся от использования внешней по отношению к алгоритму памяти по следующим причинам. Во-первых, при этом мы не всегда получаем успешное решение задачи, а, во-вторых, получаемые пути к освобождению одного из сосудов, как выяснилось, далеко не всегда являются кратчайшими путями.

Теперь переливания будем выполнять сериями, а в каждой серии они будут направлены на отливание из сосуда средней наполненности

максимального объёма воды, кратного объёму жидкости в сосуде с наименьшей наполненностью. При этом используется третий сосуд и по-прежнему осуществляется контроль выравнивания объёмов воды в каких-либо двух сосудах:

Шаг 1. Начало алгоритма.

Шаг 2. Если A = 0 или B = 0 или C = 0, то конец алгоритма; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 3. Если A = B, то вывести «–12–>», A ← A – B, B ← 2B, вызвать transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 4. Если A = C, то вывести «–13–>», A ← A – C, C ← 2C, вызвать transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 5. Если B = C, то вывести «–23–>», B ← B – C, C ← 2C, вызвать transfusion; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 6. Если A < B и B < C, то выполнить шаги 7 и 8; иначе перейти к шагу 15.

Шаг 7. Переменной q присвоить результат целочисленного деления B на A (q ← B div A).

Шаг 8. Пока q ≠ 0 выполнить шаги 9, 10, …, 13.

Шаг 9. Переменной p присвоить значение остатка от целочисленного деления q на 2 (p ← q mod 2).

Шаг 10. Если p = 1, то вывести «–21–>», B ← B – A; иначе вывести «–31–>», C ← C – A. A ← 2A.

Шаг 11. Если A = C, то вывести «–13–>», A ← A – C, C ← 2C, вызвать алгоритм transfusion, q ← 0.

Шаг 12. Если B = C, то вывести «–23–>», B ← B – C, C ← 2C, вызвать алгоритм transfusion, q ← 0.

Шаг 13. q ← q div 2.

Шаг 14. Если A ≠ 0 и B ≠ 0 и C ≠ 0, то вызвать алгоритм transfusion.

Заметим, что шаги 15, 16, …, 23 аналогичны шагам 6, 7, …, 14.

Шаг 15. Если A < C и C < B, то выполнить шаги 16 и 17; иначе перейти к шагу 24.

Шаг 16. q ← C div A.

Шаг 17. Пока q ≠ 0 выполнить шаги 18, 10, …, 22.

Шаг 18. p ← q mod 2.

Шаг 19. Если p = 1, то вывести «–31–>», C ← C – A; иначе вывести «–21–>», B ← B – A. A ← 2A.

Шаг 20. Если A = B, то вывести «–12–>», A ← A – B, B ← 2B, вызвать алгоритм transfusion, q ← 0.

Шаг 21. Если C = B, то вывести «–32–>», C ← C – B, B ← 2B, вызвать алгоритм transfusion, q ← 0.

Шаг 22. q ← q div 2.

Шаг 23. Если A ≠ 0 и B ≠ 0 и C ≠ 0, то вызвать алгоритм transfusion.

Шаги 24, 25, …, 32 аналогичны шагам 15, 16, …, 23.

Шаги 33, 34, …, 41 аналогичны шагам 24, 25, …, 32.

Шаги 42, 43, …, 50 аналогичны шагам 33, 34, …, 41.

Шаги 51, 52, …, 59 аналогичны шагам 42, 43, …, 50.

Шаг 60. Конец (вспомогательного) алгоритма.

Рассмотрим процессы переливаний по вспомогательному алгоритму transfusion версии 3 для всех семи вариантов изначальной наполненности сосудов.

Вариант 1) (8, 3, 11) –32–> (8, 6, 8) –13–> (0, 6, 16) (успех, количество переливаний n = 2).

Вариант 2) (10, 2, 6) –32–> (10, 4, 4) –32–> (10, 8, 0) (успех, количество переливаний n = 2).

Вариант 3) (11, 14, 3) –13–> (8, 14, 6) –13–> (2, 14, 12) –21–> (4, 12, 12) –32–> (4, 24, 0) (успех, количество переливаний n = 4).

Вариант 4) (4, 7, 2) –23–> (4, 5, 4) –13–> (0, 5, 8) (успех, n = 2).

Вариант 5) (14, 5, 8) –32–> (14, 10, 3) –23–> (14, 7, 6) –23–> (14, 1, 12) –12–> (13, 2, 12) –12–> (11, 4, 12) –32–> (11, 8, 8) –32–> (11, 16, 0) (успех, n = 7).

Вариант 6) (5, 4, 6) –12–> (1, 8, 6) –21–> (2, 7, 6) –31–> (4, 7, 4) –31–> (8, 7, 0) (успех, n = 4).

Вариант 7) (7, 6, 12) –12–> (1, 12, 12) –23–> (1, 0, 24) (успех, количество переливаний n = 2).

Сравнительный анализ данных решений с результатами работы алгоритма transfusion версии 2 позволяет сделать следующие выводы.

В вариантах 3 и 7 получаем решения задачи без уменьшения числа переливаний. В вариантах 1, 2, 4 и 5 получаем решения, в общем случае, за значительно меньшее число шагов. Наконец, и в варианте 6 изначальной наполненности сосудов получаем успешное решение задачи, причём всего за четыре переливания вместо приведших к тупиковой ситуации 17 переливаний по алгоритму transfusion версии 2.

Заметим, что ни один из семи путей к освобождению сосудов не содержит пар эквивалентных состояний их наполненности, следовательно, каждый из них является или кратчайшим путём к искомому состоянию, или, по крайней мере, не является явно сократимым путём.

Результативность разработанных версий 0, 1, 2 и 3 рекурсивного алгоритма transfusion сведём в таблицу.

Таблица

Результативность версий алгоритма transfusion

№ вари-анта	Изначальная наполненность сосудов			Результативность решения задачи и число выполненных переливаний для рекурсивного алгоритма transfusion			
	A	B	C	версия 0	версия 1	версия 2	версия 3
1	8	3	11	$n = \infty$	$n = \infty$	$n = 11$	$n = 2$
2	10	2	6	$n = \infty$	$n = \infty$	$n = 6$	$n = 2$
3	11	14	3	$n = 5$	$n = 4$	$n = 4$	$n = 4$
4	4	7	2	$n = 3$	$n = 3$	$n = 3$	$n = 2$
5	14	5	8	$n = \infty$	$n = \infty$	$n = 14$	$n = 7$
6	5	4	6	$n = \infty$	$n = \infty$	$n = 17$	$n = 4$
7	7	6	12	$n = \infty$	$n = 2$	$n = 2$	$n = 2$

Заметим, что каждое из решений олимпиадной задачи «Переливание» во всех вариантах изначальной наполненности сосудов (A, B, C), является более результативным по сравнению с предыдущим. При этом рекурсивный алгоритм версии 3 всегда гарантированно находит путь переливаний к освобождению одного из сосудов, который является или кратчайшим путём, или, по крайней мере, не является явно сократимым путём.

Заключение

Спроектированы четыре версии (0, 1, 2 и 3) рекурсивного алгоритма решения олимпиадной задачи «Переливания». При этом каждая его старшая версия повышает результативность решения олимпиадной задачи. Алгоритм версии 3 во всех рассмотренных вариантах исходной наполненности сосудов гарантированно находит кратчайший путь переливаний, который ведёт к освобождению одного из них, или, по крайней мере, не явно сократимый путь.

Список литературы

1. Олимпиады по программированию. I Всероссийская заочная олимпиада школьников по информатике [Электронный ресурс]: Задача L. Переливания. – Режим доступа: http://www.olympiads.ru/zaoch/2006/problems/l.shtml

2. Уайс, М. А. Организация структур данных и решение задач на C++ / М. А. Уайс. – М. : ЭКОМ Паблишерз, 2008. – 896 с.

3. Уинер, Р. Язык Турбо Си / Р. Уинер. – М.: Мир, 1991. – 384 с.

4. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск / Д. Кнут. – М.: Мир, 1978. – 846 с.

Групповая работа по созданию виртуальной экскурсии в онлайн сервисе Google Earth

Т. М. Лаптева, email: lapteta@yandex.ru

МБОУ Лицей № 6 городского округа город Воронеж

Аннотация. *В статье рассматривается возможность применения онлайн сервиса Google Earth для организации групповой работы учащихся на уроке информатики.*

Ключевые слова: *онлайн сервис Google Earth, виртуальная экскурсия, групповой проект.*

Введение

В статье описан опыт применения онлайн сервиса Google Earth [1] для создания виртуальной экскурсии при групповой работе на уроке информатики.

Google Earth – это программа компании Гугл, в рамках которой в сеть интернет были выложены спутниковые фотографии нашей планеты. Главным отличием этой программы от других похожих является возможность трехмерного просмотра ландшафта поверхности земли или зданий. Фотографии некоторых регионов имеют очень высокое разрешение, что позволяет в мельчайших деталях рассмотреть изображение.

Онлайн сервис позволяет пользователю создавать свои проекты. Проект представляет собой последовательность меток на поверхности планеты, каждая метка может иметь текстовые описания и сопровождаться фото или видео материалами.

Учащиеся разбиваются на команды по 4-5 человек, каждая команда должна подготовить виртуальную экскурсию по заданной или свободной теме, метки сопроводить фотоматериалами и текстом. Над одним проектом могут одновременно работать несколько человек. Итогом работы является проект на google-диске.

Перед началом работы учащимся предлагается обзор основных возможностей сервиса для ознакомления.

1. Обзор основных возможностей онлайн сервиса Google Earth

Для работы с сервисом надо войти в аккаунт Google, набрать в адресной строке браузера google.com/earth. То, что вы увидите, что изображено на рис. 1.

© Лаптева Т. М., 2022

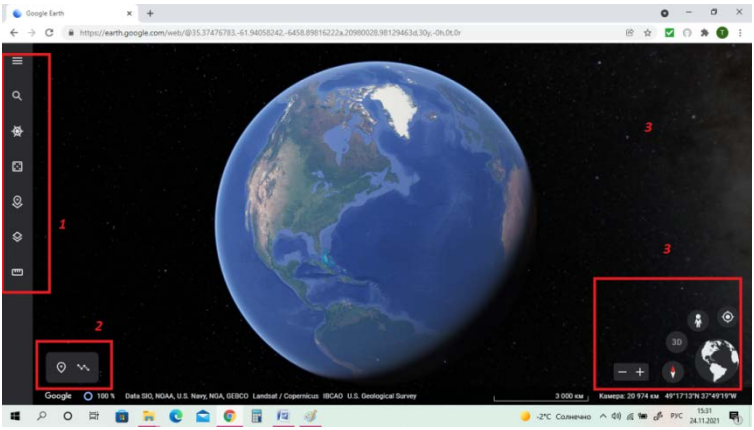


Рис. 1. Стартовая страница проекта Google Earth

На рисунке цифрой 1 помечена панель инструментов, включающая следующие объекты:

– Меню
– Поиск
– Исследователь
– Мне повезёт
– Проекты
– Стиль карты
– Измерение расстояния и площади

Цифрой 2 помечены инструменты:

– Добавить метку
– Нарисовать линию или фигуру

Цифрой 3 помечены инструменты:

– Уменьшить /увеличить масштаб (или колесо мыши вперёд/назад).

– Компас (нажмите, чтобы включить вид поумолчанию, нажмите дважды, чтобы переключиться на глобус) если компас в центре, то перетащите вертикально, чтобы изменить угол наклона, поверните по/против часовой стрелки для изменения ориентации Земли, нажмите, чтобы сориентировать карту на север.

– 3D/2D изменить угол обзора.

– Человек – выберите или перетащите, чтобы перейти в режим просмотра улиц.

– Мишень – перейти к моему местоположению.

– Глобус – нажмите, чтобы перейти к виду из космоса, перетащите, чтобы перелететь в нужное место.

2. Создание проекта

Создавать проекты могут все пользователи, у которых есть аккаунт Google, если у пользователя его нет, то необходимо зарегистрироваться на Google.com.

Можно использовать любой поддерживаемый браузер: Chrome, Firefox, Safari или Edge.

Создавать проекты можно только с использованием компьютера.

Необходимо заранее подготовить фото и видео посещенных мест, которые вы хотите добавить в проект.

1. В левой части страницы нажмите на значок «Проекты» > Новый проект > Создать проект на Google Диске.
2. Чтобы добавить название и описание проекта, нажать на значок карандаша.

Все изменения, внесённые в проект, автоматически сохраняются на Google Диске, чтобы несколько пользователей могли совместно работать над одним проектом, добавлять в него метки и редактировать, нужно нажать «Добавить пользователя», в открывшемся окне добавить зарегистрированных пользователей, после чего скопировать ссылку и поделиться с ними (рис. 2).

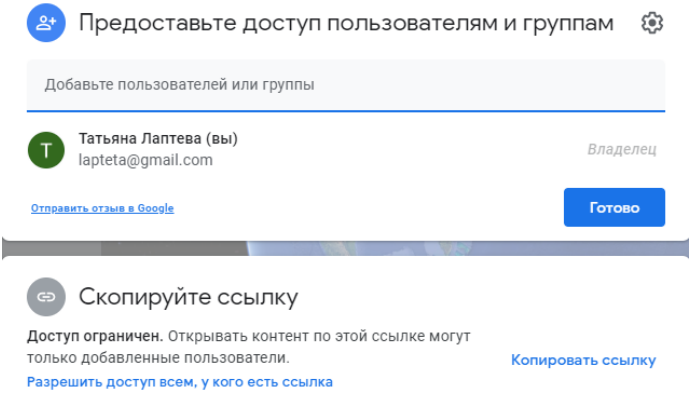


Рис. 2. Предоставление доступа

3. В проект можно добавить метку, выбрав место на планете (колесо прокрутки мыши вверх-вниз приближение-отдаление) «Новый объект» > «Добавить метку».
4. В проект можно добавить Многоугольник или Путь.

– «Новый объект» > «Нарисовать линию или фигуру». Один щелчок левой кнопки мыши начало пути или фигуры, двойной щелчок левой кнопки – окончание траектории.

– Добавить название в поле «Название места».

– Чтобы изменить линию или фигуру, нажать «Изменить место».

– Чтобы изменить размер или положение объекта, нужно просто перетащить его мышью и отпустить.

5. Чтобы изменить ширину линии, в разделе «Ширина и цвет контура» надо нажать на стрелку вниз и указать нужную ширину.

6. Чтобы изменить цвет линии, выбрать один из квадратов в разделе «Ширина и цвет контура». Если среди стандартных цветов нет подходящего, нажать «Собственные цвета» и создать нужный оттенок.

7. Чтобы изменить размер информационного окна, нажать на стрелку вниз в соответствующем разделе и указать нужное значение. Затем нажать «Сохранить».

8. В проект можно добавить полноэкранный слайд: выбрать «Новый объект» > «Полноэкранный слайд».

Чтобы просмотреть слайд, нажать «Предварительный просмотр» (в верхней части окна).

9. Созданный проект можно скопировать:

– В левой части страницы нажмите на значок «Проекты».

– Выберите проект, который нужно скопировать.

– Нажмите «Ещё» > «Скопировать проект».

– Можно открыть существующий проект с помощью меню.

– В левой части страницы нажмите на значок «Проекты».

– Выберите проект из списка.

10. Можно открыть проект, хранящийся на Google Диске

– В левой части страницы нажмите на значок «Проекты».

– Нажмите «Открыть» > «Открыть проект с Диска».

– Воспользуйтесь поиском или выберите проект из списка.

– Можно сохранить проект на компьютере в виде файла KML

– В левой части страницы нажмите на значок «Проекты».

– Выберите нужный проект

– Ещё – экспортировать в KML

– Файл в формате KML хранит геопространственные данных.

– Открыть файл KML можно с помощью программы Google Earth.

Можно импортировать файлы KML в сервис «Google Планета Земля».

11. В сервис "Google Планета Земля" можно загружать файлы с геоданными и другим контентом в формате KML, чтобы изучать их и показывать другим пользователям.

– В левой части страницы нажмите на значок «Проекты».

– Нажмите кнопку «Новый проект».

– Чтобы добавить файл, хранящийся на компьютере, нажмите «Импортировать файл KML».

– Чтобы добавить файл с Google Диска или из общей папки, нажмите «Импортировать файл KML с Диска».

– Кроме всего перечисленного сервис позволяет измерять расстояние между двумя местоположениями или длину пути, а также определять площадь многоугольника, нарисованного в сервисе «Google Планета Земля». Для этого нужно выполнить следующий действия.

12. Выполните поиск нужного места или выберите его на глобусе.

– Нажмите на значок «Измерение расстояния и площади» слева. Будет установлен вид сверху вниз.

– Нажмите на карту, чтобы задать точки измерения.

– Чтобы удалить точку, нажмите «Отменить» справа.

– Чтобы завершить измерение расстояния, дважды нажмите на последнюю точку или нажмите «Готово».

– Данные по длине будут представлены справа, если нажать на стрелку возле результата, то можно выбрать единицы измерения длины и площади.

– Чтобы измерить площадь того или иного местоположения, завершите контур фигуры, установив связь с первой точкой. Сведения о площади будут приведены справа.

В качестве подведения итогов урока учащиеся демонстрируют свои работы. Работа с сервисом увлекла учащихся, за 30 минут были созданы законченные информационно наполненные проекты, дети освоили работу с новым сервисом.

Заключение

В ходе работы были сделаны следующие выводы: сервис Google Earth может быть использован на уроках информатики для групповой работы над проектом, его использование позволяет развить навыки командной работы, а также умение осваивать новые программные средства.

Список литературы

1. Google Earth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://earth.google.com/ – Загл. с экрана.

Олимпиада по информатике и программированию первокурсников воронежских вузов в рамках года науки и технологий

О. Ф. Ускова, email: sunny.uskova@list.ru
Н. А. Каплиева, email: kaplieva_na@amm.vsu.ru
А. И. Шашкин, email: dean@amm.vsu.ru
Д. Г. Усков, email: uskov.dan@mail.ru
А. С. Сырых, email: zsyryhz@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Описаны организация и проведение в рамках международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» соревнований по информатике и программированию студентов первого курса вузов г. Воронежа. Приведены результаты соревнований, в которых участвовали свыше ста человек.*

Ключевые слова: *информатика, программирование, информационные системы, олимпиада по информатике, студенческий оргкомитет олимпиады, итоги олимпиады, тренерский состав.*

Введение

Факультет прикладной математики, информатики и механики (ПММ ВГУ) образован в нашей стране в 1969 году одним из первых факультетов подобного профиля. Студенческие олимпиады по информатике и программированию стали традицией на нашем факультете, составной частью процесса обучения, и платформой для профессионального воспитания специалиста [1–5].

Четыре года подряд Воронежский государственный университет выигрывал гранты Федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции науки и высшего образования» по направлению 2.7 «Проведение научных конкурсов, школ и конференций для студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций» (в 2001 году проект Р0054, в 2002 году проект Т0140, в 2003 году проект Т3112/2072, в 2004 году проект Т4261) на проведение региональной школы-олимпиады по программированию и компьютерному моделированию. Все четыре года головной организацией выступал Воронежский государственный университет и одним из основных исполнителей Воронежский государственный педагогический

© Ускова О. Ф., Каплиева Н. А., Шашкин А. И., Усков Д. Г., Сырых А. С., 2022

университет. Благодаря участию в проекте в качестве соисполнителей различных научных и научно-практических организаций воспитательная среда олимпиад стала одним из факторов профессионального становления специалиста. Соискателями проекта школы-олимпиады по программированию и компьютерному моделированию были вычислительный центр АН РФ А. А. Дородницына, Воронежская государственная технологическая академия, Федеральный научно-производственный центр «Воронежский НИИ связи», ЗАО НПП «Релэкс», ЗАО «Воронежсинтезкаучук», Воронежский региональный центр информатизации высшей школы, ЗАО «Рет-компьтеры», Центр правовой информатики Министерства юстиции по Воронежской области, региональный центр Федерации интернет образования, центрально-Черноземное представительство корпорации «Парус», ООО «Бурут».

Девять лет подряд наш город и наш университет являлись центром важного молодежного мероприятия – Всероссийской студенческой олимпиады по информатике. В 2003 и 2004 году она называлась «Информационное моделирование и современные компьютерные технологии» и проводилась в соответствии с приказом Министерства образования РФ «О проведении общесистемных мероприятий минобразования» № 1187 от 25.03.03 и № 408 от 03.03.04.

Начиная с 2005 года, согласно приказам Федерального агентства по образованию и Министерства образования и науки, на базе ВГУ организован третий тур Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии» (№ 85 от 22.02.2005, № 285 от 14.11.2006, № 326 от 14.02.2007, № 261 от 31.03.2008, № 254 от 13.03.2009, № 199 от 12.03.2010).

Все эти олимпиады проходили в рамках приоритетного национального проекта «Образование» и президентской программы «Поддержка талантливой молодежи».

Победители соревнований студентов представляют различные ВУЗы Российской Федерации.

1. Олимпиада по информатике и программированию первокурсников воронежских вузов

Больше двадцати лет назад, в сентябре 2000 года, на нашем факультете была проведена олимпиада по информатике среди первокурсников воронежских вузов, посвященная 70-летию одного из основателей факультета ПММ, заслуженного деятеля науки РФ, доктора физико-математических наук, профессора, члена Национального комитета РАН по теоретической и прикладной механике. Ивлева Дюиса Даниловича. Победителями этой олимпиады стали Андреев Д., Родионов С. (1 место), Мухоедов Д., Громов С. (2 место), Некрасов С. (3 место). Все

призеры успешно закончили факультет ПММ и работают программистами.

В отличие от предыдущих лет, олимпиада 2021 года проходила в online режиме при спонсорской поддержке корпорации Digital Soft, директор по развитию которой, Азнаурьянц Александр Александрович является выпускником математического факультета ВГУ.

Интересной будет следующая информация. Третий тур Всероссийской студенческой олимпиады по информатике 2004 г на основании приказа министерства образования и науки № 404 от 03.05.2004 года «Об организации Всероссийской студенческой олимпиады» проводился факультетом ПММ ВГУ. Одним из спонсоров этих соревнований было Центрально-Черноземное представительство корпорации «Парус». Генеральный директор корпорации «Парус» Александр Владимирович Азнаурьянц и главный бухгалтер Ольга Михайловна Азнаурьянц – родители Александра Александровича Азнаурьянц, директора по развитию корпорации Digital Soft, спонсора нынешней олимпиады первокурсников вузов г. Воронежа.

Информация о предстоящей олимпиаде первокурсников и правилах участия в ней были выставлены на сайте ВГУ и сайте факультета ПММ 2 декабря 2021 года. Каждый первокурсник, желающий принять участие в соревнованиях, должен был для регистрации до 7 декабря 2021 года заполнить форму, содержащую сведения:

- фамилия, имя, отчество
- вуз
- факультет
- фамилия тренера или научного руководителя
- адрес электронной почты
- телефон.

Олимпиадные задания были выставлены 8 декабря в 10 часов. По указанной ссылке можно было скачать задания олимпиады и до 11 часов 15 мин 8 декабря отправить решения (заполненный бланк ответов на почту, указанную в регистрационной анкете). Задания олимпиады и результаты их выполнения были выставлены на сайте олимпиады в виде ссылок на .docx и .xlsx файлы соответственно, расположенные на Яндекс.Диске.

Первокурсники, участвующие в олимпиаде 2021 года, представляли вузы:

- Воронежский государственный университет (ВГУ);
- Воронежский государственный педагогический университет (ВГПУ);

– Воронежский государственный университет инженерных технологий (ВГУИТ);

– Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»);

– Воронежский государственный университет инженерных технологий (ВГУИТ);

– Воронежский институт высоких технологий (ВИВТ).

Всего в соревнованиях участвовали 110 первокурсников (43 девушки и 67 юношей). Наибольшее количество участников (96) было из ВГУ. Это первокурсники факультетов ПММ, ФКН и математического. Из вузов ВГПУ и ВУНЦ ВВС «ВВА» в олимпиаде участвовали по 3 студента. По 4 человека представляли вузы ВГУИТ и ВИВТ.

Приведем результаты олимпиады первокурсников по информатике, в которой участвовали студенты 5 вузов г. Воронежа.

Первые три места заняли первокурсники факультета ПММ.

Первое место с результатом 34 балла завоевал студент 5 группы

– Бубнов Кирилл Владимирович.

На второе место с результатом 33 балла вышли две студентки:

– Волкова Елизавета Андреевна, 6 группа,

– Кисилёва Олеся Алексеевна, 62 группа.

Третье место заняли три человека:

– Трубино Александр Владимирович, 62 группа, с результатом 32 балла.

Два первокурсника факультета ПММ ВГУ, набрав по 30 баллов, заняли третье место:

– Чурсин Виктор Юрьевич, 6 группа;

– Корчагина Анастасия Сергеевна.

Все 6 человек, занявшие первые три места, награждены корпорацией Digital Softденежными призами. Все первокурсники, принимавшие участие в олимпиаде, получили сертификат участника олимпиады.

Средний балл всех участников 27. Лучший средний балл набрали первокурсники ВГПУ. Он равен 30 баллам. Средний балл остальных соревнующихся представлен ниже:

ВГУИТ 29 баллов
ВУНЦ ВВС «ВВА» 28 баллов
ВГУ 27 баллов
ВИВТ 19 баллов.

К олимпиаде 2021 года первокурсников воронежских вузов соревнующихся подготовил тренерский состав:

ВГПУ
– Гарковенко Галина Валерьевна, доцент,
– Сидорова Оксана Анатольевна, доцент;
ВГУИТ
– Коробова Людмила Анатольевна, доцент,
– Даценко Наталия Валерьевна, доцент;
ВУНЦ ВВС «ВВА»
– Афанасьевский Леонид Борисович, доцент,
– Игнатов Дмитрий Валерьевич, доцент,
– Бобрусь Андрей Владиславович, старший преподаватель,
– Тараблина Ольга Викторовна, преподаватель,
– Петренко Дмитрий, курсант 3 курса;
ВИВТ
– Преображенский Андрей Петрович, доцент;
ФКН ВГУ
– Соломатин Дмитрий Иванович, старший преподаватель,
– Нужных Алексей Васильевич, ассистент,
– Пауков Николай, магистрант 1 курса;
Матфак ВГУ
– Анучина Юлия Алексеевна, ассистент,
– Бабошин Сергей Дмитриевич;
ПММ ВГУ
– Горбенко Олег Данилович, доцент,
– Болотова Светлана Юрьевна, доцент.

Заведующие кафедрами факультета ПММ ВГУ Абрамов Г. В. и Азарнова Т. В. наградили участников олимпиады из групп информационных технологий и бизнес-информатики учебными пособиями преподавателей кафедр факультета ПММ ВГУ МО ЭВМ и ММИО.

Активно поддерживают проведение студенческих олимпиад по информатике и программированию:

– Гришаев Олег Викторович – проректор ВГУ по воспитательной работе;

– Козадёров Олег Александрович – проректор ВГУ по научной работе и инновациям;

– Листенгартен Владимир Семенович – ученый секретарь Совета ректоров Воронежских вузов;

– Калачев Виктор Владимирович – начальник факультета радиоэлектронной борьбы (и информационной безопасности) ВУНЦ ВВС «ВВА»;

– Кущев Сергей Сергеевич – начальник кафедры автоматизированных систем управления ВУНЦ ВВС «ВВА»;

– Попов Василий Николаевич – ректор ВГУИТ;

– Малев Василий Владимирович – декан физико-математического факультета ВГПУ;

– Крыловецкий Александр Абрамович – и.о. декана факультета ФКН ВГУ;

– Львович Игорь Яковлевич – ректор ВИВТ.

– Большую работу по организации олимпиады провели сотрудники корпорации Digital Soft:

– Азнаурьянц Александр Александрович – директор по развитию;

– Никодимов Игорь Анатольевич – директор по технологиям.

Заключение

Опыт организации и проведения студенческих олимпиад по информатике и программированию показывает, что они стали не только доброй традицией, но и одной из платформ подготовки будущих квалифицированных специалистов в области современных информационных технологий.

Список литературы

1. Ускова, О. Ф. Программное, учебно-методическое информационное и организационное обеспечение студенческих олимпиад по программированию / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Черноземный альманах научных исследований. Сер. Прикладная математика и информатика. – Воронеж, 2006. – Вып. 1(2). – С. 37-62.

2. Горбенко, О. Д. Воронежский государственный университет – базовый вуз Всероссийской студенческой олимпиады «Информатика. Программирование. Информационные технологии» / О. Д. Горбенко, О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. – Воронеж, 2012. – № 2. – С. 51–56.

3. Ускова, О. Ф. Образовательный процесс и олимпиадное студенческое движение / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Ряды Фурье и их приложения : тез. докл. V междунар. симпозиума, 27 мая – 3 июня 2008 г. Новороссийск. – Ростов-на-Дону, 2008. – (Математика. Экономика. Образование : XVI междунар. конф.). – С. 260.

4. Ускова, О. Ф. Соревнования по информатике и программированию – составная часть совершенствования учебно-образовательной среды вуза / О. Ф. Ускова, Г. В. Пономарев, А. И. Шашкин // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования : материалы научной конференции

«Герценовские чтения – 2020», Санкт-Петербург, 7-10 апреля 2020 г. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. – С. 137-139.

5. Ускова, О. Ф. Соревнования 2020 года первокурсников вузов г. Воронежа по информатике и программированию в online режиме / О. Ф. Ускова, Н. А. Каплиева, А. И. Шашкин, А. В. Пешков // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XXI Международной научно-методической конференции. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – С. 1747-1754.

Методические рекомендации к лабораторной работе «Манипуляция данными в среде MS SQL Server 2018»

Н. Н. Черногорская, email: natali@yandex.ru

МБОУ БГО СОШ № 6, г. Борисоглебск

Аннотация. *В данной работе рассматриваются правила работы с данными в БД с помощью языка запросов SQL.*

Ключевые слова: *SQL Server, Transact-SQL, БД, манипуляция данными.*

Введение

Информационные технологии, предъявляющие высокие требования к интеллекту работников, занимают лидирующее положение на международном рынке труда. И поэтому использование информационных и систем баз данных становится неотъемлемой составляющей деловой деятельности современного человека и функционирования организации.

Вашему вниманию предлагается одна из лабораторных работ по программированию баз данных с помощью языка запросов SQL.

SQL – это язык программирования, предназначенный для работы с наборами фактов и отношениями между ними [1-3].

1. Лабораторная работа «Манипуляция данными в среде MS SQL Server 2018»

Цель работы: с помощью операторов языка Transact – SQL научиться вводить информацию в таблицы БД.

Дополнительный материал:

Добавление строк в таблицу

Для добавления строк в таблицу SQL базы данных используется оператор INSERT INTO. Основные его синтаксические формы описываются следующим образом:

Добавление строки перечислением значений всех ее ячеек: INSERT INTO имя_табл VALUES (знач, ...); где знач – константное значение ячейки строки. Значения ячеек в списке должны соответствовать порядку перечисления спецификаций столбцов таблицы в операторе CREATE TABLE. Допустимо в качестве знач указывать ключевое слово NULL, что означает отсутствие значения для соответствующей ячейки строки. Перед добавлением новой строки в таблицу СУБД проверяет

© Черногорская Н. Н., 2022

допустимость перечисленных значений, используя описание столбцов таблицы из оператора CREATE TABLE.

Добавление строки с использованием списка имен столбцов: INSERT INTO имя_табл (имя_столбца, ...) VALUES (знач, ...);

Здесь списки имен столбцов и значений ячеек добавляемой строки должны быть согласованы, хотя нет никаких требований к их порядку. Допустимо опускать в списках информацию о некоторых ячейках строки, при этом ячейки, соответствующие столбцам со спецификацией NULL в операторе CREATE TABLE, будут пустыми; ячейки, соответствующие столбцам со спецификацией NOT NULL в операторе CREATE TABLE, заполняются значениями по умолчанию.

Добавление строк по результатам запроса к БД: INSERT INTO имя_табл [(имя_столбца, ...)] SELECT ...

Такой оператор дает возможность добавить в таблицу 0, 1 или сразу несколько новых строк, полученных в результате запроса к базе данных, реализуемого оператором SELECT.

Требования к отчету: по результатам работы представить набор SQL-скриптов, решающих задачи из раздела «Задания для самостоятельного выполнения», скриншоты и ответы на контрольные вопросы, оформленные в MS Word.

Ход работы:

Запросы могут содержать не только операторы DDL, но и операторы DML. Это позволяет реализовать основные операции манипулирования данными. Рассмотрим последовательность действий при создании запроса, с помощью которого в таблицы созданной БД будет введена информация.

1. Для этого нужно выполнить следующее: Открыть консоль MS SQL Managment Studio 18 (Пуск – MS SQL Server Tools 18 – MS SQL Managment Studio 18).
2. Подключиться к нужному серверу, нажав на кнопку Connekt.
3. На панели инструментов нажать кнопку New Query.
4. В открывшееся окно ввести текст запроса:

USE БД1

Листинг

```
INSERT INTO Поставщики (КодПоставщика,Адрес,Примечание)
      VALUES (1, 'г.Город1, ул.Первая,кв.1','тел. 11-11-11 ');
INSERT INTO Поставщики (КодПоставщика,Адрес,Примечание)
      VALUES (2, 'г.Город2, ул.Вторая,кв.2',' ');
INSERT INTO Поставщики (КодПоставщика,Адрес,Примечание)
      VALUES (3, 'г.Город3, ул.Третья,кв.4','тел. 33-33-33,
12-34-56, факс 12-33-33 ');
```

```
INSERT INTO Поставщики (КодПоставщика,Адрес,Примечание)
      VALUES (4, 'г.Город4, ул.Четвертая,кв.4',' ');
INSERT INTO Поставщики (КодПоставщика,Адрес,Примечание)
      VALUES (5, 'г.Город5, ул.Пятая,кв.5',' ');

INSERT INTO ФизическиеЛица VALUES (3, 'Иванов','Илья',
'Ильич', '00123897');
INSERT INTO ФизическиеЛица VALUES (1, 'Петров','Павел',
'Петрович', '12345678');
INSERT INTO ФизическиеЛица VALUES (5, 'Сидоров','Сергей',
'Степанович', '09876541');

INSERT INTO ЮридическиеЛица VALUES (2,'ООО
"Интерфрут"','00123897','19848521');
INSERT INTO ЮридическиеЛица VALUES (4,'ЗАО
"Транссервис"','39345678','25912578');

INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.09.01', 1, 'Основание - накладная № 34');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.09.01', 1, 'Основание - счет-фактура № 08-
78');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.09.10', 3, 'Основание - счет-фактура № 08-
178');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.09.23',3, 'Основание - заказ № 56');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.09.24', 2, 'Основание - накладная № 74');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.10.01', 1, 'Основание - счет-фактура № 09-
12');
INSERT INTO Договоры (ДатаДоговора, КодПоставщика,
Комментарий)
      VALUES ('2018.10.02', 2, 'Основание - накладная № 85');

INSERT INTO Поставлено VALUES (1, 'Телевизор', 10, 1253.45);
INSERT INTO Поставлено VALUES (1, 'Магнитофон', 25, 655.12);
INSERT INTO Поставлено VALUES (1, 'Видеомагнитофон', 12,
722.33);
INSERT INTO Поставлено VALUES (2, 'Стереосистема', 11,
511.43);
INSERT INTO Поставлено VALUES (2, 'Магнитофон', 5, 455.14);
INSERT INTO Поставлено VALUES (2, 'Видеомагнитофон', 8,
450.67);
```

Окончание листинга

```
INSERT INTO Поставлено VALUES (1, 'Стереосистема', 12,
220.45);
INSERT INTO Поставлено VALUES (1, 'Компьютер', 24, 1554.22);

INSERT INTO Поставлено VALUES (2, 'Компьютер', 43, 1453.18);
INSERT INTO Поставлено VALUES (3, 'Телевизор', 52, 899.99);
INSERT INTO Поставлено VALUES (3, 'Магнитофон', 11, 544.00);
INSERT INTO Поставлено VALUES (3, 'Монитор', 85, 545.32);
INSERT INTO Поставлено VALUES (4, 'Телевизор', 56, 990.56);
INSERT INTO Поставлено VALUES (4, 'Магнитофон', 22, 323.19);
INSERT INTO Поставлено VALUES (4, 'Принтер', 41, 350.77);
INSERT INTO Поставлено VALUES (5, 'Телевизор', 14, 860.33);
INSERT INTO Поставлено VALUES (5, 'Магнитофон', 33, 585.67);
INSERT INTO Поставлено VALUES (5, 'Видеомагнитофон', 17,
850.12);
INSERT INTO Поставлено VALUES (4, 'Стереосистема', 27,
330.55);
INSERT INTO Поставлено VALUES (5, 'Монитор', 44, 590.23);
INSERT INTO Поставлено VALUES (6, 'Телевизор', 34, 810.15);
INSERT INTO Поставлено VALUES (6, 'Компьютер', 32, 1850.24);
INSERT INTO Поставлено VALUES (6, 'Монитор', 51, 520.95);
INSERT INTO Поставлено VALUES (7, 'Телевизор', 62, 900.58);
INSERT INTO Поставлено VALUES (7, 'Компьютер', 15, 1234.65);
INSERT INTO Поставлено VALUES (7, 'Монитор', 22, 389.75);
```

5. Выполнить запрос. Для этого: на панели инструментов нажать кнопку Execute.

В том случае, если текст запроса не содержит ошибок, на экране появится окно Messages с сообщением Command(s) completed successfully. В противном случае будет выведена информация об имеющихся в тексте запроса ошибках.

6. Проверить наличие объектов БД. Если список таблиц сразу не отобразился, нужно щелкнуть правой кнопкой мыши по имени БД и в появившемся меню выбрать пункт Refresh. Созданный запрос закрыть и сохранить под именем SQLQuery_БД2.sql

Задание для самостоятельного выполнения: Заполните БД «КомпьютерныйМагазин» данными, приведенными в таблицах.

Таблица 1

Наименование продукта

Производитель	НомерМодели	ТипПродукта
T	7200U	Ноутбук
T	6300HQ	Ноутбук
РП	7500U	Ноутбук
A	7700HQ	Ноутбук
B	Z0SL0003F	Ноутбук

Окончание таблицы 1

В	7300HQ	Ноутбук
П	8550U	Ноутбук
АВ	5005U	Ноутбук
В	E1 6010	ПК
В	10400F	ПК
А	XC-895	ПК
А	XC-830	ПК
П	F1030ur	ПК
Р	Z12N0002R	ПК
О	53 600	ПК
ЛД	aF0016ur	ПК
ВА	aF0002ur	ПК
Е	C24-420	Моноблок
Е	J2335	Моноблок
НН	BA047T	Моноблок
А	C24-1650	Моноблок
А	MXWT2RU	Моноблок
А	107r	Лазерный
А	b210v	Лазерный
А	P2335dw	Лазерный
В	150a	Лазерный
В	TS704	Струйный
В	155998	Струйный
С	C301W	Лазерный
С	0608c009	Струйный
С	155997	Струйный
К	LX350	Матричный
К	LQ630	Матричный
К	ML5100FB	Матричный
А	DFX-8500	Матричный

Таблица 2

Таблица Моноблок

КодТовара	ТЧ	ОЗУ	Объѐм жесткого Диска	Диагональ	Цена
1450674	3.7ГГц	32ГБ	240Гб	23.8"	42300
1212485	3.3ГГц	32ГБ	120Гб	23.8"	40990
1503729	2.6ГГц	32Гб	128Гб	21.5"	42390
1480370	2.6ГГц	16Гб	256Гб	21.5"	42890
1404781	2.6ГГц	4ГБ	128Гб	21.5"	34990

Таблица 3

Таблица Ноутбук

КодТовара	Модель	ТЧ	ОЗУ	Объём жесткого диска	Диагональ	Цена
1214764	7200U	2500МГц	32Гб	1000Гб	15.6"	43830
1399244	6300HQ	2300МГц	16Гб	1000Гб	15.6"	63900
1486367	7500U	2700МГц	12Гб	1000Гб	15.6"	52520
1449346	7700HQ	2800МГц	32 Гб	1000Гб	17.3"	75900
1200863	Z0SL0003F	2200МГц	8 Гб	512Гб	13.3"	88792
1175132	7300HQ	2500МГц	8 Гб	1000Гб	15.6"	51590
1473250	8550U	1800МГц	16Гб	1000Гб	15.6"	72410
1442113	5005U	2000МГц	8 Гб	500Гб	15.6"	26342

Таблица 4

Таблица ПерсональныйКомпьютер

КодТовара	Модель	ТЧ	ОЗУ	Объѐм жесткого диска	Цена
1526137	E1 6010	2.9 ГГц	8ГБ	1024Гб	36590
1529865	10400F	2.9 ГГц	16ГБ	1024Гб	42990
1405408	XC-895	2.9 ГГц	16ГБ	1024Гб	47490
1481482	XC-830	4 ГГц	4ГБ	1024Гб	25590
1531638	F1030ur	4 ГГц	4ГБ	1024Гб	52160
1451460	Z12N0002R	3.5 ГГц	32ГБ	1024Гб	398900
1498866	53 600	3.6 ГГц	32 ГБ	1024Гб	132990
1422131	aF0016ur	2.3 ГГц	4ГБ	1024Гб	22990
1380590	aF0002ur	2.7 ГГц	16ГБ	1024Гб	126090

Таблица 5

Таблица Принтер

КодТовара	Модель	Ц/Ч	Цена
1156160	107r	черно-белый	7950
1168526	b210v	черно-белый	10800
1108163	P2335dw	черно-белый	18940
1365725	150a	цветной	15999
1124228	TS704	цветной	7460

Окончание таблицы 5

1542238	155998	цветной	26080
1409808	C301W	цветной	30690
1498761	0608c009	цветной	156680
1542232	155997	цветной	26080
1411866	LX350	черно-белый	16899
19443	LQ630	черно-белый	34569
10043787	ML5100FB	черно-белый	55000
10055758	DFX-8500	черно-белый	86990

Контрольные вопросы:

– Основные категории команд языка SQL?
– Для чего используется язык определения данных?
– Основные команды языка DDL?
– К каким объектам применяются команды языка DDL?
– Какие действия выполняет команда CREATE?
– К каким объектам применяются команда CREATE?
– Какие действия выполняет команда ALTER?

Заключение

В данной статье были рассмотрены правила работы с данными в MS SQL Server 2018. Также было предложено задание для самостоятельной работы.

Список литературы

1. Мкртычев, С. В. Современные технологии баз данных и анализа информации: учебно-методическое пособие по выполнению практических работ / С. В. Мкртычев. – Тольятти, 2018.

2. Microsoft SQL Server 2008: Лабораторный практикум и контрольные задания для студентов магистров очной формы обучения специальности 220201.68 «Управление и информатика в технических системах» / сост.: Ю.В. Ильюшин, Санкт-Петербургский горный ин-т. – СПб.: СПбГИ, 2012. – 31 с.

3. Игнатьева, О. В. Прикладное программирование и базы данных: учебно-методическое пособие для практических работ / О. В. Игнатьева; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 206 с.

Секция 2
Проектная технология обучения на основе ИКТ

Компьютерный коллаж как средство развития творческих способностей и познавательного интереса учащихся

Е. Е. Беловолова, email: bee1971@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *В статье рассматриваются особенности использования технологии коллажа в преподавании истории и обществознания. Показан потенциал применения компьютерного коллажа в образовательном процессе.*

Ключевые слова: *коллаж, технология коллажа, работа с информацией, визуализация, Adobe Photoshop, Jasc Paint Shop, Corel Photo-Paint.*

Введение

В настоящее время в педагогической практике широко применяются новые средства визуализации информации – инфографика, компьютерные интеллект-карты, облако слов, коллаж, лента времени, используются различные интерактивные задания, основанные на визуальном ряде (например, задания, разработанные в Learning Apps), интерактивные презентации и т.п.

Такие средства призваны структурировать материал, обобщить его, продемонстрировать взаимосвязь между текстом и графическими изображениями.

Использование коллажей на уроках истории не только облегчает усвоение, обобщение и повторение учебного материала, но и представляет новые возможности для развития творческих способностей учащихся.

1. Разработка и применение коллажей на уроках истории

Термин коллаж (французское «collage», буквально – наклеивание) обозначает технический приём в изобразительном искусстве, наклеивание на какую-либо основу материалов, отличающихся от неё по цвету и фактуре. Коллажем также называется произведение, целиком выполненное этим приёмом [1, 2]. Родоначальником коллажа считают французского художника-кубиста Ж. Брака, который с 1913 г. экспериментировал с наклеиванием на картон разных материалов. Впоследствии он стал работать с П. Пикассо.

© Беловолова Е. Е., 2022

В настоящее время активно развивается компьютерный коллаж. Он представляет собой, как правило, композицию, включающую в себя сочетание рисунков, фотографий, надписей.

Выполняются такие работы чаще всего с помощью универсальных графических приложений Adobe Photoshop, Jasc Paint Shop, Corel Photo-Paint и т. п. или комбинации пакетов. Однако в образовательном процессе можно использовать и очень простую технику создания коллажа с помощью PowerPoint.

Оценивается готовый коллаж как по подобранному материалу – он должен соответствовать историческому периоду, содержать элементы, значимые для эпохи, а не являющиеся частным единичным случаем, так и по оформлению – оно должен способствовать формированию художественного образа и усиливать эмоциональный фон.

Создавая коллаж, учащиеся определяют цвет, который ассоциируется у них с данным историческим событием, явлением или процессом. Он может стать фоном коллажа. Отбирают элементы композиции: газетно-журнальные материалы (статьи, заголовки), плакаты, карикатуры, фотографии и т.п. В настоящее время существуют различные редакторы для обработки фотографий, позволяющие оформить работу в едином стиле. Чтобы обратить внимание на самые важные части коллажа, можно выделить их яркими цветовыми решениями или неожиданной подачей материала. Важно также позаботиться, чтобы части коллажа гармонично сочетались между собой, а не выглядели как бессистемное нагромождение фотографий.

Так, например, при создании коллажа «30-е гг. XX в. в СССР» одним из учащихся был применен двухцветный фон – лист был по диагонали разделен на две части – красную, где размещались достижения страны, и черную, где были помещены элементы проявления тоталитаризма. Подобный метод противопоставления можно использовать при создании коллажа на тему «Гражданская война».

Одним из важных элементов составления коллажа является подбор героев в соответствии с сюжетом. В работе могут применяться отсканированные или найденные в сети Internet фото исторических деятелей данной эпохи. Возможно также использование исторических карт, гербов, кинопленок и других изображений, ассоциативно связанных с образом эпохи. Так, например, создавая коллаж «Эпоха Н.С. Хрущева» учащиеся располагали на нём изображения кукурузы, «хрущёвок», ракет, карикатуры на взаимоотношения СССР и США, фотографии Ю. Гагарина и т.п.

Довольно удачным с точки зрения оформления работы можно считать применение различных графических изображений, созданных

самостоятельно с помощью различных программ. Так, например, ученик, создававший коллаж «Россия начала XX века» показал элементы, символизирующие дореволюционную жизнь России, и сверху их покрыл нарисованной паутиной, показав тем самыми, что они уходят в прошлое.

Заключение

Использование компьютерных коллажей при изучении истории выполняет важную образовательную задачу: оно позволяет систематизировать знания учащихся об исторической эпохе, выделять главные события в ней, способствует формированию навыков анализа. Подготовив работу индивидуально, учащиеся должны обосновать свой выбор, а, работая в группах, подбирая материал и отстаивая свою точку зрения, должны прийти к общему результату.

Работа с коллажами позволяет сделать урок более интересным и динамичным, «погрузить» ученика в обстановку какой-либо исторической эпохи. Она содействует становлению объемных и ярких представлений о прошлом. Создание продуктов такого рода, интересных и обладающих огромным творческим потенциалом, может стать эффективным инструментом активизации познавательной деятельности

Данный вид работы показывает ученикам возможность применения знаний и умений, полученных на уроках информатики для изучения материала других школьных дисциплин, позволяет формировать единое образовательное пространство.

Список литературы

1. Бычкова, Л.В. Технология коллажа и её применение на уроках истории и обществознания / Л.В. Бычкова, А.Н. Иоффе // Преподавание истории и обществознания в школе. – 2021. – № 3. – С. 25-37.

2. Бычкова, Л.В. Мини-проект в преподавании истории и обществознания / Л.В. Бычкова // Преподавание истории и обществознания в школе. – 2016. – № 5. – С. 17-25.

Проектная деятельность в дополнительном образовании на примере практик российских ВУЗов

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru [1]
Л. А. Гладкова, email: Gla13@mail.ru [2]
М. Е. Семенов, email: sme@tpu.ru [3]
М. Н. Образцова, email: m.obraztsova@innopolis.ru [4]
Е. Б. Гоглева, email: e.gogleva@innopolis.ru [4]
С. К. Соколова, email: s.sokolova@innopolis.ru [4]
Ю. В. Логиновская, email: yu.loginovskaya@mail.tsu.ru [5]

[1] Воронежский государственный университет
[2] ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
[3] Томский политехнический университет
[4] АНО ВО «Университет Иннополис»
[5] Томский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматриваются примеры практик проектной деятельности дополнительного образования Воронежского государственного университета, Томского политехнического университета, Томского государственного университета, АНО ВО «Университет Иннополис» и ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.*

Ключевые слова: *проект, проектная деятельность, дополнительное образование, повышение квалификации, вузы, IT.*

Введение

Проектная деятельность не является, чем-то новым как в системе школьного, так и в системе среднего профессионального и высшего образований.

История введения проектной деятельности в процесс обучения уходит своими корнями в Древнюю Грецию, когда первые зачатки этого направления сформировались в виде сократовской «майевтики» [1]. Реальные же проекты, похожие на сегодняшние, появились гораздо позже, в Римской школе высшего искусства, с целью профессионализации знаний по архитектуре. В дальнейшем проекты стали рассматривать для конкурсного отбора при поступлении в Парижскую архитектурную академию. Аналогичная тенденция сохранилась и сегодня при отборе абитуриентов на творческие направления в СПО и ВУЗов.

© Копытина Е. А., Гладкова Л. А., Семенов М. Е., Образцова М. Н., Гоглева Е. Б, Соколова С. К., Логиновская Ю. В., 2022

Для оценки проектной деятельности философами, социологами и педагогами, следует обратиться к работам Ж.Ж. Руссо. Который отмечал, что исследовательская деятельность ребенка должна складываться на основе знаний, полученных непосредственно из практической деятельности [2].

Е. Паркхерст, автор направления Дальтон-план, получение результата видела в совокупности трех составляющих: свободы, самостоятельности и сотрудничества [3].

Русские педагоги-архитекторы С.Т. Шацкий и А.У. Зеленко в начале 20-го века практиковали дополнительное обучение гимназистов через детские клубы.

В советской педагогической школе в 60-е годы дополнительное обучение строилось на основе кружковой работы, результатами деятельности которой являлись поделки, модели, выполненные как индивидуально, так и группой учеников, при освоении первичных навыков, под руководством учителя-наставника. В дальнейшем ученику предоставлялась возможность оптимизации модели (проекта) путем ее усовершенствования. Впоследствии проектный метод стал активно применятся в школах на уроках труда, черчения.

В настоящее время проектная деятельность как при получении основного, так и дополнительного образования приобретает особое значение. С учетом тенденции развития цифровой экономики и сформированной матрицы НТИ, выявления талантов школьников происходит через участие их в различных конкурсах и олимпиадах. Кроме этого, при таком потоке информации и компьютеризации у современных школьников высок риск низкой социализации. Проектная деятельность помогает трансформировать теоретические знания в реальный результат, при активном взаимодействии как с педагогом наставником, так и при работе в группе, что является для обучающихся важным коммуникативным моментом, помогающим понимать и выбирать свою роль в команде при работе над проектом.

1. Проектная деятельность Воронежского государственного университета на примере курса «Основы промышленного программирования на языке Python» Лицея Академии Яндекса

На базе факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета осуществляется обучение школьников программированию курсами «Основы программирования на языке Python» и «Основы промышленного программирования на языке Python» в рамках образовательного проекта Яндекса [4-6].

Курс «Основы промышленного программирования на языке Python» доступен для учеников, которые успешно усвоили материал курса

«Основы программирования на языке Python». На данном курсе меняется подход к преподаванию учебного материала и контролю его освоения: материал объясняется в форме «повторяй за мной» – ученики пишут программный код на уроке совместно с учителем, контрольные работы, которые были характерны для первого года обучения и давали наибольший рейтинг ученикам, заменены на итоговые проекты по трем основным изучаемым разделам: QT, PyGame, WebServer+API. Свой первый большой проект посвященный QT ученики пишут самостоятельно по выбранной ими теме, последующие проекты выполняются в небольших группах по 2-4 человека. На первых же занятиях по тому или иному разделу ученикам доступны критерии оценивания проекта и календарно-тематическое планирование, благодаря чему ученики точно знают какой урок какой теме посвящен, тем самым учатся правильно распределять своё время. Для определения же вклада каждого ученика в групповые проекты преподаватель отслеживает историю коммитов в GitHub.

Защита проекта обязательно проходит публично, с участием одногруппников, проект оценивает учитель строго по выданным ученикам ранее критериям. Критериями оценки являются:

– своевременность выполнения частей проекта (согласно календарно-тематическому планированию);

– качество программного кода (объем кода, чистота кода, качество проектирования);

– примененные технологии;

– работоспособность программного кода;

– творческая составляющая (оригинальная идея, защита проекта, плагиат).

На защиту проекта могут быть приглашены представители IT-компаний, другие учителя, другие ученики Лицея Академии Яндекса, как обучающиеся, так и уже закончившие обучение, но проект оценивает только учитель группы. Учитель заполняет высланный методистами данного образовательного проекта .xlsx файл (см. рисунок) и получает итоговую оценку за проект, которую выставляет в LMS.

2. Проектная деятельность Томского политехнического университета на примере взаимодействия с обучающимися Лицея при ТПУ

При Томском политехническом университете создан Лицей, в котором обучается более 200 человек по учебному плану физико-математического профиля. Сотрудники ТПУ предлагают старшеклассникам темы для проведения научно-исследовательской работы.

	A	B	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
13	№	Фамилия, имя	Технологии												Работоспособность
14			requirements.txt	Несколько форм	Изученные виджеты	Другие виджеты	Стандартные диалоги	Картинки	Файлы txt или csv	Несколько таблиц в БД	Чтение из БД	Запись в БД	Изменение данных в БД	exe	
15	1	Евстигнеев Никита	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
16	2	Праведников Максим	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
17	3	Орлов Никита	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
18	4	Лошаков Максим	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	5	Нечипоренко Кирилл	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Рисунок. Электронная таблица с критериями оценивания проектов курса «Основы промышленного программирования на языке Python»

Спектр тем достаточно разнообразный, например, от «Применения алгоритмов при расчете активной зоны ядерного реактора» и «Многослойные защитные покрытия для циркониевых оболочек ядерных реакторов» до «Прикладного анализа социальных сетей» и «Построения пространственного дорожного графа для бесшовного кампусного навигатора» [7].

Научно-исследовательская работа снабжена календарным рейтинг-планом, в котором отражены сроки выполнения основных этапов работы: развернутый план проекта, аналитический обзор литературных источников, разработка алгоритмов, используемых при решении задачи, программная реализация алгоритма, тестирование разработанного алгоритма, оформление пояснительной записки (отчета). Для промежуточного и рубежного контроля в семестре предусмотрены две конференц-недели. На первой конференц-неделе (9 неделя семестра) лицеисты представляют проект научному руководителю. Финальная защита научно-исследовательского проекта проходит публично (18 неделя семестра) на университетской конференции [7], работу оценивает конкурсная комиссия по следующим критериями:

– соответствие названия содержанию работы, полнота раскрытия темы (максимально 10 баллов);

– уровень владения материалом, глубина проработки вопроса (максимально 15 баллов);

– наличие обоснованных выводов (максимально 15 баллов);

– используемые информационные источники (преимущество при оценке отдается книгам и статьям, а не информации из интернета) (максимально 5 баллов);

– оформление работы (максимально 5 баллов).

Для управления научно-исследовательской работой используется LMS Moodle. Работа над проектом может быть организована в виде командной работы с применением современных средств коммуникации Webex/Zoom.

Через научно-исследовательскую работу лицеисты получают доступ к цифровой экосистеме университета, знакомятся с направлениями фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в университете, а также получают необходимые компетенции для успешного продолжения обучения в университете.

В качестве успешных примеров внедрения результатов научно-исследовательского проекта можно привести веб-сервис «Интерактивная карта учебных корпусов ТПУ» (maps.tpu.ru) [7], а также методику распределения на проектные миникоманды [8] при выполнении групповой научно-исследовательской работы.

3. Проектная деятельность АНО ВО «Университета Иннополис» на примере реализации обучения слушателей для определения уровня владения цифровыми компетенциями и квалификациями по программе повышения квалификации «Управление, основанное на данных»

Программа реализуется на образовательной платформе в Институте дополнительного образования АНО ВО «Университета Иннополис» на базе Центра проектов и практик и разработан с учетом нормативно-правовых требований а также ФГОС ВО магистратуры по направлению подготовки 38.04.05 Бизнес-информатика, профессионального стандарта «Специалист по большим данным», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 06.07.2020 №405н, профессионального стандарта «Менеджер по информационным технологиям», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 30.08.2021 №588н, а также мероприятия федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: «Реализация дополнительных образовательных программ по подготовке управленцев и команд цифровой экономики».

Для практического освоения изучаемого в ходе программы материала слушатели распределяются на команды (или команды формируются на старте обучения) и прорабатывают максимально приближенный к профессиональной деятельности проект (либо решают реальную производственную задачу). Программа предполагает, что в ходе обучения команда проработает бизнес-процессы реальной задачи/проекта, подготовит минимальный датасет и смоделирует

получение управленческого решения на основе данных. Проект должен быть максимально приближен к профессиональной деятельности команды либо решать реальную производственную задачу (в таком случае все данные обезличиваются). Данный подход реализации программы повышения квалификации обусловлен в том числе тем, что обучение взрослых лишь в том случае эффективно, когда взрослый понимает, чем ему это обучение на самом деле полезно, какую острую задачу оно решает.

Курс предусматривает промежуточную и итоговую аттестацию, которая проводятся для определения уровня владения цифровыми компетенциями и квалификациями слушателей программы с учетом полученных в процессе обучения знаний, умений, навыков. Промежуточная аттестация проводится в форме тестирования (по модулям программы), а также подготовки и защиты проекта. Промежуточная аттестация проводится в два этапа.

I этап включает в себя тестирования по итогам освоения каждого модуля. Результаты промежуточной аттестации (тестирования) по модулю программы оцениваются по шкале «зачтено» / «не зачтено».

В рамках прохождения промежуточной аттестации, проводимой в формате тестирования, оценка «зачтено» присваивается при 65% и более правильных ответов от общего числа вопросов по итогам одного тестирования.

Тестовые задания содержат вопросы, позволяющие определить уровень знаний, умений и навыков, полученных в ходе освоения определенного модуля программы.

Тесты по промежуточной аттестации включают тестовые задания по темам каждого обязательного модуля и по вариативным модулям. Обязательные модули 1-3 включают в себя как контент модулей для всех категорий слушателей, так и модульный контент, предназначенный выборочно для той или иной категории слушателей (федеральные органы исполнительной власти (включая подведомственные организации), региональные органы исполнительной власти (включая подведомственные организации), организации местного самоуправления и органов муниципального управления, организации реального сектора экономики, организации сферы образования, коммерческие организации, иные организации, нет организации). Доступ к такому контенту регулируется в зависимости от того, что слушатель указал в личном профиле при регистрации на Образовательной платформе.

Тестирование по модулям 4 и 5 включает в себя вопросы по всему контенту модуля для всех категорий слушателей.

По вариативным модулям распределение происходит по следующим критериям:

– «Технологический вариативный»: в зависимости от того, какой тематический блок был выбран слушателем в личном профиле;

– «Инструменты работы с данными»: в зависимости от того, какой тематический блок был выбран слушателем в личном профиле;

– «Отраслевые особенности применения технологий»: в зависимости от того, какую отрасль слушатель указал при регистрации на Образовательной платформе.

По 6 модулю промежуточная аттестация проводится в формате «проектного баттла», в ходе которого команды представляют свои проекты комиссии и отвечают на вопросы. Участие команды в «проектном баттле» оценивается дополнительно и баллы за участие прибавляются к итоговому баллу за защиту проекта.

Программа также включает в себя необходимость прохождения рефлексии, которая представляет собой самоанализ деятельности и результатов освоения слушателями программы. Рефлексивная оценка может быть привязана к различным элементам структуры программы, которая носит многоуровневый характер.

II этап включает в себя защиту проекта. Защита проекта происходит в командном формате посредством конференцсвязи с использованием облачной платформы для проведения онлайн видеоконференций и видео вебинаров в формате высокой четкости.

Параметры оценивания проекта включают в себя:

– практическую значимость;
– используемые технологические решения;
– презентацию результатов командной работы;
– экономическое обоснование;
– социальную значимость проекта;
– защиту проекта.

К прохождению итоговой аттестации допускаются слушатели, выполнившие учебный план программы, успешно прошедшие промежуточную аттестацию, заполнившие рефлексию, которая является частью цифрового следа.

Итоговая аттестация проводится в форме итогового тестирования на образовательной платформе. Тестовые задания содержат вопросы, позволяющие определить уровень владения цифровыми компетенциями и квалификациями слушателями по итогам освоения программы.

4. Проектная деятельность АНО ВО «Университета Иннополис» на примере реализации обучения слушателей по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации «Цифровые технологии в преподавании профильных дисциплин»

Программа реализуется на образовательной платформе в Институте дополнительного образования АНО ВО «Университета Иннополис» на базе Опорного образовательного центра разработан с учетом нормативно-правовых требований и федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Слушателями образовательной программы являются – профессорско-преподавательский состав и методисты образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования РФ, осуществляющие подготовку специалистов по 10 приоритетным отраслям российской экономики. Основная цель программы – внедрение цифровой компоненты в образовательные программы и рабочие программы дисциплин слушателей.

Уровень подготовки слушателей к освоению программы определяется входным контролем в форме тестирования. Программа регламентирует требования к повышению (расширению) квалификации в области разработки основных образовательных программ по направлениям с внедрением цифровых технологий.

Учебный план содержит 3 модуля: по внедрению цифровых технологий в образовательный процесс; цифровым технологиям в одной из 10 приоритетных отраслей (по выбору); трендов в образовании и технологий дистанционного обучения. Программой предусмотрена промежуточная и итоговая аттестация.

Распределение слушателей по отраслям на 2 модуле происходит на основании выбора обучающегося на образовательной платформе в соответствии с укрупненными группами направлений подготовки (УГНП), по которым осуществляется образовательная деятельность.

Текущий контроль успеваемости проводится в форме:

– проверки заданий (например, актуализировать раздел рабочей программы дисциплины под применение цифровых технологий (перечислить конкретные программы, приложения, электронные сервисы, ресурсы и т.д.)). В результате обучающийся должен познакомиться с используемыми в реальном секторе экономики выбранной приоритетной отрасли сквозными технологиями в рамках изучаемой дисциплины и уметь их использовать;

– включения новых тем или расширения существующих тем с применением сквозных цифровых технологий (с указанием конкретных

программ, приложений, электронных сервисов, ресурсов и т.д., которые будут изучены) в содержании разделов программы;

– прохождения тестов на знание цифровых технологий отрасли и цифровых инструментов организации педагогической деятельности;

– групповой презентации и загрузке на образовательную платформу актуализированной основной профессиональной образовательной программы или рабочей программы дисциплины.

Промежуточная аттестация завершает изучение каждого модуля и проводится в виде тестирования по итогам его освоения. Результаты промежуточной аттестации (тестирования) по модулю программы оцениваются по шкале «зачтено»/ «не зачтено».

Итоговая аттестация завершает изучение образовательной программы и содержит этап защиты актуализированной программы для дальнейшего внедрения в образовательный процесс в высшей или средней профессиональной образовательной организации с целью гармонизации образовательного контента в части изучения цифровых и сквозных технологий с потребностью реального сектора экономики одной из 10 приоритетных отраслей.

5. Проектная деятельность Томского государственного университета на примере Центра развития современных компетенций им. Д. И. Менделеева при ТГУ

В 2018 году в рамках приоритетного проекта «Доступное дополнительное образование детей» на базе ТГУ создан Центр развития современных компетенций им. Д.И. Менделеева, где реализуются дополнительные общеразвивающие программы по перспективным направлениям Национальных технологических инициатив (информационные системы, биотехнология, новые материалы, космические системы и др.). Образовательный проект для школьников реализуется в двух форматах: «Детский университет» (для учащихся 5-9 классов) и «Малая академия» (для учащихся 10-11 классов). Центр развития современных компетенций детей и молодежи ТГУ входит в Федеральную сеть Центров «Дом научной коллаборации».

Проект «Детский университет» направлен на приобщение учащихся к научно-познавательной, научно-исследовательской и проектной деятельности, в ходе которой также формируются 4К-компетенции (креативность, коммуникабельность, критическое мышление и командная работа) и навыки работы с информационными ресурсами. В проекте реализуются программы по основам оптики (оптоволокно и свет как информация), биотехнологии клонирования растений, аддитивному производству (как инструменту прототипирования) и многие другие.

Занятия программы «Игры для программистов» проекта «Детский университет» проводятся 1 раз в неделю 4 часа и рассчитаны на группу до 15 человек. Основная цель – формирование у школьников глубокого алгоритмического мышления за счет решения задач с помощью визуального программирования и языков программирования. В качестве методического инструмента используются компьютерные игры Human Resource Machine и 7 Billion Humans. Полученные в игре навыки ребята закрепляют с помощью языка программирования Java. Модуль «Построение алгоритмов с помощью языков программирования» нацелен на ассоциирование механики игры Human Resource Machine с синтаксисом полноценного языка программирования. В ходе модуля обучающиеся осваивают основы синтаксиса языка программирования и решают с его помощью ряд задач, для которых ранее использовалась механика игры. Результат обучения языку программирования проверяется на незнакомой ранее задаче, которую учащиеся решают в ходе командной работы, а результат представляют в форме презентации. Третий модуль «Параллельные вычисления» даёт базовое понимание параллельности процессов и параллельных вычислениях. На примере просчета кадра с 3D-графики, обучающиеся строят алгоритмы для параллельного решения задач несколькими исполнителями, практикуя полученные навыки в игре 7 Billion Humans. Решение одних и тех же задач в различных средах (визуальное программирование в играх Tomorrow и IDE с использованием Java) формирует адаптивные навыки, абстрактное и логическое мышление. В ходе прохождения программы учащиеся развивают soft-skills компетенции, такие как: работа в команде, умение анализировать чужое решение и аргументировать свою позицию.

Проект «Малая академия» способствует осознанному выбору старшеклассниками образовательной траектории и профессиональному самоопределению, формирует навыки проектного управления и командной работы, а также создаёт условия для реализации авторских проектов, результаты которых могут быть представлены на конференциях. Программы в рамках данного проекта включают космомониторинг природных процессов, разработку приложений для Android, молекулярную биологию и биоинформатику. Проектными программами, связанными с разработками ведущих научных групп Томского государственного университета, руководит профессор или доцент, а наставниками являются аспиранты, магистранты и студенты.

Образовательный процесс осуществляется в форме профильных смен-интенсивов. Результаты обучения оформляются в виде авторских предпринимательских или научно-исследовательских проектов, которые участвуют в Конкурсе проектных и исследовательских работ.

6. Проектная деятельность дополнительного образования ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

В рамках дополнительного образования в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева проводятся университетские субботы, где школьники знакомятся с направлениями обучения, предлагаемым ВУЗом, участвуя в различных лабораторных работах и мастер-классах.

На кафедре государственного и муниципального управления проводятся мастер-классы по трем темам: «Командообразование», «Как стать эффективным чиновником» и «Карьера на госслужбе: особенности продвижения». Данные мастер-классы основной своей целью ставят формирование заинтересованной аудитории будущих абитуриентов, а также профориентационную адаптацию школьников.

Данные мастер-классы проходят путем демонстрации презентаций, разбора кейсов и проведения деловых игр. Промежуточные результаты оцениваются путем тестирования и экспертного анализа кейсов по принятию управленческих решений по каждому мастер-классу отдельно. Основная работа осуществляется в мини-группах по 4-5 человек. Финальным результатом является создание ролика на тему «Почему я хочу стать государственным или муниципальным служащим».

Защита проекта осуществляется публично, в группе, экспертной комиссией, состоящей из преподавателей кафедры, в соответствии с заранее оговоренными критериями.

Критериями оценки выступают:

– креативный подход к легенде (кто герой (герои) ролика и каким образом узнает о возможности выбора профессии государственного и муниципального служащего);

– подача важности профессии и востребованности на рынке труда;

– освещение преимуществ обучения на данном направлении в ФГБОУ ВО РГАУ- МСХА им. К. А. Тимирязева;

– перспективы развития карьеры чиновника;

– качество съемки и озвучания;

– музыкальное сопровождение;

– соблюдение норм этики;

– время ролика (соотношение важной и второстепенной информации);

– творческая составляющая (спецэффекты, текст, цвет, фон, костюмы и т.д.).

По результатам работы вручаются грамоты в соответствии с тремя призовыми местами, ролик победитель активно участвует в профориентационной работе кафедры в течение следующего года, команда победителей (каждый участник) получает дополнительные 5

баллов при поступлении на направление ГМУ в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Мастер-классы рассчитаны на проведение как в очном так в дистанционном формате, в соответствии с требованиями учебно-методического отдела оформлены и представлены в LMS Moodle.

7. Особенности и общие черты проектной деятельности вузов

Подводя итоги исследования проектной деятельности российских вузов, в качестве общих черт можно выделить следующее:

– формирование команд обучающихся;

– реализация общего для каждой команды проекта, как результата практического освоения изучаемого в ходе программы дополнительного образования материала;

– наличие жесткого календарного-тематического планирования;

– наличие четких критериев оценивания работ;

– проведение публичных защит работ с участием экспертов;

– формирование новых компетенций у обучающихся, в результате работы над проектом.

В качестве особенностей можно выделить:

– наличие промежуточной аттестации, как доступа к защите проекта;

– наличие пояснительной записки по реализуемому проекту;

– длительность процесса подготовки проекта;

– количество проектов, реализуемых в рамках одной образовательной программы;

– форма защиты проекта (очная либо дистанционная);

– состав комиссии (преподаватель курса дополнительного образования, профессорско-преподавательский состав вуза, эксперты);

– цели реализации проекта (профессиональная ориентация, приобретение / расширение компетенций);

– целевая аудитория образовательной программы (школьники, студенты, профессорско-преподавательский состав и методисты образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования РФ и др.).

Заключение

Проектная деятельность обучающихся – совместная учебно-познавательная, творческая или игровая деятельность, имеющая общую цель, согласованные методы, способы деятельности, направленная на достижение общего результата деятельности.

Проектная деятельность позволяет получить опыт командной работы: каждому обучающемуся выполнить задачу в ограниченные

сроки, которая внесет в последствие вклад в общий результат команды, научиться правильно распределять время и роли.

В настоящее время проектная деятельность стала активно внедряться в основной образовательный процесс вузов, хотя в дополнительном образовании вузов она успешно существует довольно давно. Сообщество обучающихся в рамках одной специальности в основном образовании велико и применение проектного подхода к получению практического опыта по специальности является обоснованным, особенно для IT-специальностей, где проектная деятельность является нормой. При введении проектного подхода в основной образовательный процесс вузов необходимо ориентировать на лучшие практики курсов дополнительного образования, основными задачами которых являются:

– профессиональная ориентация / приобретение новых компетенций обучающихся;

– помощь в приобретении навыков для начала карьеры в конкретной сфере деятельности.

Список литературы

1. Солопова, М. А. Майевтика // Новая философская энциклопедия / Ин-т философии РАН; Нац. обществ.-науч. фонд; Предс. научно-ред. совета В. С. Стёпин, заместители предс.: А. А. Гусейнов, Г. Ю. Семигин, уч. секр. А. П. Огурцов. 2-е изд., испр. и допол. . – М.: Мысль, 2010. – 744 с.

2. Руссо, Ж.-Ж. Педагогические сочинения: В 2-х т. / Под ред. Г. Н. Джибладзе; сост. А. Н. Джуринский. – М.: Педагогика, 1981. – 656 с. – (Пед. б-ка). В надзаг.: АПН СССР. – Издательство «Педагогика», 1981. – 656 с.

3. История педагогики и образования. От зарождения воспитания в первобытном обществе до конца XX века: Учеб. пособие / Под ред. А.И. Пискунова. – 2-е изд., рспр. И доп. – М.: ТЦ «Сфера», 2001. – 512с.

4. Копытина, Е. А. Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий на примере курса «Основы программирования на языке Python» Яндекс.лицея / Е. А. Копытина, А. В. Копытин, Ю. В. Шишко // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы 20-й Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж, 2020. – С. 1830-1834.

5. Копытина, Е. А. Аспекты дистанционного формата обучения дополнительного образования школьников в сфере информационных технологий на примере курсов Яндекс.Лицея / Е. А. Копытина, А. В. Копытин, Ю. В. Шишко // Информатика: проблемы, методы, технологии:

материалы 21-й Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж, 2021. – С. 2082-2086.

6. Курсы – Яндекс.LMS [Электронный ресурс]: система управления обучением. – Режим доступа: https://lyceum.yandex.ru

7. Степанов, М. А. Построение пространственного дорожного графа / М. А. Степанов, М. Е. Семенов // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 17-20 февраля 2020 г., г. Томск: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники; под ред. Д. М. Сонькина [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – С. 131-133.

8. Semenov M., Koroleva E., Tursunov D., Bulygin L. (2016) A Project Teams Creation based on Communities Detection. Supplementary Proceedings of the Fifth International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST 2016), Yekaterinburg, Russia, April 6-8, 2016, p.303-314.

Экологическое просвещение при помощи цифровых лабораторий

В. А. Роговая, email: Rogovaya_Valentina@mail.ru

МБОУ «Каменская СОШ № 2 имени Героя Советского союза П. К. Рогозина» пгт. Каменка Каменского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *На основе методических рекомендаций по созданию школьного экологического мониторинга с использованием цифровой полевой экологической лаборатории приводятся примеры проведения исследовательской работы со школьниками с целью формирования экологического мышления.*

Ключевые слова: *экологическое образование, школьный экологический мониторинг, полевые исследования природных комплексов.*

Введение

Воздействие человека на природу усиливается с каждым столетием, десятилетием и годом. В ходе производственной и хозяйственно-бытовой деятельности происходят процессы изъятия из природы естественного вещества, его переработка и образование отходов. Обострение экологической обстановки в мире связано не только с истощением природных богатств, но и с загрязнением всех оболочек Земли, нарушением экологического равновесия природных комплексов [1-2].

Поэтому главной целью школьного экологического образования является формирование у обучающихся целостного экологического мировоззрения и этических ценностей по отношению к природе. Добиться поставленной цели возможно только путем формирования интегрированной системы экологического образования и воспитания в школе путем вовлечение обучающихся в проектно-исследовательскую деятельность, направленную на решение экологических проблем. Школьный экологический мониторинг является частью системы экологического образования [3-4].

Относительно недавно наша школа приобрела полевую цифровую лабораторию учащегося по экологии. Лаборатория включает в себя ноутбук с программным обеспечением: физика-практикум, набор датчиков: освещенности, ионизирующего излучения, кислорода в воздухе, окиси углерода, влажности, звука с функцией интегрирования, оптической плотности, pH, растворенного в воде кислорода, хлорид-

© Роговая В. А., 2022

ионов, нитран-ионов, электропроводимости, температуры, мутности. Также есть флэш-накопитель, соединительные кабели, кювет. Очень удобно для полевых исследование компактное расположение всех датчиков и ноутбука в рюкзаке.

1. Экологический мониторинг атмосферы

В процессе осуществления проектно-исследовательской деятельности школьников полевая экологическая лаборатория играет огромную роль. Так, например, при проведении школьного мониторинга атмосферы, проведение измерения температуры, освещенности позволяет сопоставить ряд параметров, полученных в ходе измерений на различных участках школьного двора, улицы, др. Данное исследование позволяет проанализировать влияние фактора освещенности на нагрев поверхности, воздействие характера застройки территории.

Акустическое загрязнение имеет колебательную, волновую природу и главным образом исходит от транспортных средств. Ученики осуществляют мониторинг шумового загрязнения вблизи школы и в самых оживленных местах нашего поселка. В ходе данного исследования ребята выявили следующие закономерности: уровень шума близ автодороги колеблется от 50 до 70 дБ, важную роль на усиление данного вида загрязнения оказывают сопутствующие факторы: температура и влажность воздуха, направление ветра, характер расположения зданий и сооружений, наличие или отсутствия зеленых насаждений.

Для оценки уровня радиационного фона школьного участка, самые густонаселенные участки, зон отдыха жителей поселка используем датчик ионизирующего излучения. Важно, чтобы учащиеся запомнили норму мощности экспозиционной дозы (менее 50 мкР/ч излучения и уровень радиационного фона (7-15 мкР/ч). Обучающиеся должны понимать последствие воздействия на здоровье человека повышенного уровня радиационного фона.

Концентрация кислорода в воздухе влияет на общее самочувствие, работоспособность на уроках, поэтому важно следить за изменением химического состава воздуха школьных кабинетов. При помощи датчиков кислорода и углекислого газа ребята проводили мониторинг учебных кабинетов во время уроков. В ходе данного исследования учащиеся была выявлена закономерность сокращения количества кислорода в воздухе и накопление углекислого газа связанная с количеством присутствующих учеников и их возрастом.

Нужно отметить интересную работу по исследованию атмосферных осадков. Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на его нейтрализацию. Поглощение осадками газовых и аэрозольных примесей является одним из важнейших механизмов

очищения атмосферного воздуха. Осадки в виде снега в 3-4 раза эффективней, чем дождь, вымывают из атмосферы аэрозоли, но во много раз слабее, чем жидкие, поглощают газы, растворимые в воде [5].

Ребята провели забор снега у дороги при помощи экологической лаборатории провели исследование химического состава талого снега. Учащиеся выявили следующие закономерности:

повышения температуры воздуха увеличивалась кислотность талого снега, возрастало количество нитрит-ионов, повышалась электропроводимость;

самую высокую кислотность имел талый снег, взятый вблизи автодороги, так же здесь повышенное количество нитрит-ионов;

увеличение электропроводимости талого снега в основном зависит от температуры воздуха.

Вывод: в атмосферном воздухе кислотные оксиды накапливаются больше вблизи автодорог, катализатором этого процесса является повышение температуры воздуха.

2. Экологический мониторинг водных объектов и почв

Полевая экологическая лаборатория позволяет осуществлять экологический мониторинг водных объектов. На территории Каменского района есть несколько малых рек, около 50 прудов, множество родников. Чем меньше водоем, тем быстрее он деградирует. Поэтому так важно проводить исследования причин заиливания и зарастания малых рек и прудов. Ускоренный рост водорослей приводит к заиливанию водоема. Этот процесс тесно связан с попаданием в водоем фосфатов, азота, так же влияет температура воды и количество растворенного кислорода. Измерения показали, что скорость роста водорослей активизируется при повышении температуры воды.

Провести измерение концентрации растворимых минеральных веществ очень сложно, поэтому лаборатория позволяет провести косвенные измерения электропроводности воды. Для измерения электропроводности использовали датчик электропроводности. Общее содержание солей в природных водоемах оценивают методом прямой кондуктометрии, измеряя удельную электропроводность воды. Повышение температуры вод увеличивает электропроводность воды. Электролитами являются карбонаты, гидрокарбонаты натрия, сульфаты, хлориды, нитраты натрия, калия, а также соляная, азотная, фосфорная, серная кислоты.

Очень важным показателем качества вод является кислотность среды. Изменение pH воды за пределами 5,5 – 7,0, как в кислую, так и в щелочную среду, приводит к нарушению экосистемы водоема (исчезновение микроорганизмов, вымирание рыб и других обитателей).

Почти все природные воды, дождевая вода, сточные воды содержат хлорид-ионы. Существуют как объективные причины: распространение хлорида натрия в горных породах, так и антропогенное происхождение: использование хлорида калия в качестве антигололедного реагента. Затем хлорид-ионы попадают в природные водоемы со сточными водами [5].

Серьезной экологической проблемой малых водоемов, в нашем случае прудов, является недостаток кислорода, так как со склонов талыми водами туда сносятся гумусовые и загрязняющие вещества. Вертикальное распределение кислорода неравномерно особенно зимой. Поэтому возможен мор рыбы. Для измерения концентрации растворенного в воде кислорода используем датчик кислорода. Исследование ребят показали прямую зависимость концентрации растворенного кислорода от температуры воды.

Почва является тонко сбалансированной природной экосистемой. При использовании в разнообразной хозяйственной деятельности почвы теряют природное плодородие. Восстановление нарушенного почвенного покрова требует длительного времени и больших капиталовложений. Сельское хозяйство является важной отраслью специализации Воронежской области. Для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур используются минеральные удобрения, но усваиваются они растениями не полностью, затем вымываются и попадают в грунтовые воды и воздух, осложняя экологическую ситуацию, поэтому необходим экологический мониторинг почв.

При помощи полевой экологической лаборатории мы провели ряд исследований почвы, проведя измерения температуры почв, pH, электропроводности, наличие хлорид-ионов, нитрит-ионов в почвенном растворе.

Интересную работу учащиеся выполнили в ходе определения кислотности почв при стандартном внесении азотных, калийных и сложных удобрений. Измерения проводились в условиях постепенного увеличения количества минеральных удобрений.

Анализ собранных данных показал следующие результаты:

Внесение азотных удобрений в почвенный раствор способствовало повышению его кислотности примерно на 9%, снижению количества нитрит-ионов на 33%, электропроводимость увеличилась в 2,3 раза.

Внесение калийных удобрений в почвенный раствор способствовало еще большему повышению его кислотности примерно на 9,5%, количество нитрит-ионов снизилось на 32,6%, электропроводимость увеличилась в 2,3 раза.

Внесение сложных удобрений в почвенный раствор способствовало увеличению кислотности, причем пропорционально количеству

минеральных удобрений. Именно при увеличении дозировки минеральных удобрений в два раза кислотность увеличивалась на 4,7 – 7%. По сравнению с контрольным образцом pH увеличилась на 16,4%. Количество нитрит-ионов (NO2-) снизилось практически в двое. Этот процесс объясняется следующей химической реакцией.

Ребята пришли к выводу, что избыток минеральных удобрений способен закислять почву и снижать ее продуктивность. Помимо этого минуса, минеральное удобрение не до конца усваиваются растительными организмами, а остатки зачастую вымываются из почвы и со временем попадают грунтовые воды или воздух, загрязняя их, что может привести к неприятным последствиям. Таким образом, минеральные удобрения играют положительную роль только, если соблюдаются нормы рационального их внесения.

Заключение

Подытожив возможности полевой экологической лаборатории, нужно отметить огромные преимущества данной цифровой лаборатории:

– компактность и мобильность;
– простота в эксплуатации;
– достаточно высокая точность измерений;
– наличие методических рекомендаций по созданию экологического мониторинга.

Таким образом, наличие в школе цифровых лабораторий расширяет возможности проведения проектно-исследовательской работы со школьниками, расширяет их кругозор, позволяет формировать естественнонаучную грамотность и приучают учащихся к системному мышлению.

Список литературы

1. Гридчин, А. И. Элементы мироздания [Рассказ о хим. элементах. Для ст. шк. возраста] / А. Гридчин, С. Гридчин; Воронеж : Центр.-Черноозем. кн. изд-во, 1985. – 175 с.
2. Джувеликян, Х. А. Экология и человек / Х. А. Джувеликян; Воронеж. гос. ун-т, Гос. ком. по охране окружающей среды Воронеж. обл. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1999. – 259, [1] с.
3. Иванов, А. В. Методические рекомендации по созданию сети школьного экологического мониторинга / А. В. Иванов, И. А. Смирнов; М., 2012. – 52 с.
4. Мансурова, С. Е. Следим за окружающей средой нашего города: 9–11 кл.: Школьный практикум / С. Е. Мансурова, Г. Н. Кокуева; М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 112 с.
5. Глинка, Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка ; Ред. В. Рабинович. – М. : Мир, 1981. – Т. 1. – 372 с.

Технология проектного обучения как средство формирования универсальных учебных действий на уроках информатики

М. Е. Старикова, email: starik-marina@yandex.ru

МБОУ СОШ с УИОП № 8 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматриваются качества, формируемые при использовании технологии проектного обучения на уроках информатики.*

Ключевые слова: *технология проектного обучения, метод проектов, универсальные учебные действия.*

Введение

В последнее время в образовании получила широкое распространение технология проектного обучения. Сегодня ее используют практически во всех школьных дисциплинах. Технология проектного обучения рассматривается в системе личностно-ориентированного образования, и если вначале ее применяли в средних и старших классах, то теперь и в начальной школе и с применением информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

1. Технология проектного обучения как средство формирования универсальных учебных действий на уроках информатики

Проектная форма педагогической деятельности эффективна только в контексте общей концепции обучения и воспитания. Она предпочитает отход от репродуктивного методы обучения, предусматривает сочетание многообразных форм, методов, средств обучения.

К достоинствам применения технологии проектного обучения на уроках информатики можно отнести:

– возможность изучения наиболее передовых технологий;

– связь информатики с другими школьными предметами;

– поиск информации в различных источниках;

– формирование умений работать в коллективе, в том числе и в программной среде совместного доступа;

– брать ответственность за выбор решения на себя, разделять ответственность с другими, предоставление ребенку свободы выбора темы, методов работы, понимание важности работы.

© Старикова М. Е., 2022

Соответственно при обучении информатике технология проектного обучения позволяет реализовать проблемное обучение, активизирующее и углубляющее познание, что способствует формированию самостоятельного мышления, системному подходу в самоорганизации, дает возможность обучать групповому взаимодействию.

Использование технологии проектного обучения при обучении информатике способствует формированию универсальных учебных действий согласно ФГОС, который предполагает полноценное освоение школьниками всех компонентов учебной деятельности.

Качества, формируемые при использовании технологии проектного обучения на уроках информатики:

1. Личностные универсальные учебные действия:

– умение выбрать тему проекта согласно своим интересам и способностям;

– умение выразить и оценить собственную точку зрения по итогам проектной деятельности;

– умение обозначить дальнейшие направления развития проекта.

2. Регулятивные универсальные учебные действия:

– умение обнаруживать и формулировать учебную проблему;

– обосновывать актуальность выбранной темы проекта;

– составлять план выполнения проекта.

3. Познавательные универсальные учебные действия:

– самостоятельно находить, сопоставлять и отбирать информацию из различных источников для выполнения учебного проекта;

– анализировать, сравнивать, классифицировать и обобщать факты, выявлять причины и следствия явлений в предметной области проекта;

– записывать выводы в виде правил по заданной ситуации, преобразовывать модели с целью выявления общих законов, определяющих данную предметную область;

– умение использовать полученную информацию в проектной деятельности, представлять информацию в виде таблиц, схем, опорного конспекта, презентаций с помощью ИКТ;

– передавать содержание в сжатом, выборочном или развёрнутом виде, создавать конечные программные продукты по проектируемой предметной области.

4. Коммуникативные универсальные учебные действия:

– при защите проекта отстаивать свою точку зрения, аргументируя ее фактами;

– умение критично относиться к своему мнению;

– понимание точки зрения другого (в том числе автора), владение правильным типом читательской деятельности;

– умение взглянуть на ситуацию с иной позиции и договариваться с людьми иных позиций;

– умение организовывать учебное взаимодействие в группе (распределять роли, договариваться друг с другом и т.д.), предвидеть последствия коллективных решений.

Технология проектного обучения развивает у учащихся интерес к предмету, дает возможность углубить знания, выявить свои склонности и способности, развивает интерес к исследованию, учит наблюдать, экспериментировать, анализировать, обобщать, делать выводы, работать с различными источниками информации, уметь отбирать информацию, выступать с докладом, работать в коллективе. При реализации проектной технологии обучения создается конкретный продукт, часто являющийся результатом совместного труда и размышлений учащихся, который приносит им удовлетворение, в связи с тем, что школьники в результате работы над проектом пережили ситуацию успеха, самореализации.

Заключение

Проектный метод требует много времени. Поэтому применять его только в рамках урока невозможно. Проектный метод – это интеграция урочной и внеурочной деятельности. На уроке может быть поставлена проблема, а решение ее может быть перенесено и на другие уроки и внеурочную деятельность. Проектный метод применим к изучению любой школьной дисциплины и эффективен на уроках, устанавливающих межпредметные связи.

Список литературы

1. Информатика 10 класс [Текст] : проектная деятельность / сост. М. Г. Гилярова. – Волгоград : Корифей, 2008. – 128 с.

2. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / [сост. Е. С. Савинов]. – М.: Просвещение, 2011. – 454 с. – (Стандарты второго поколения). – ISBN 978-5-09-019043-5.

Особенности организации проектной деятельности обучающихся по освоению современных компетенций чемпионата ЮниорПрофи (JuniorSkills) в пришкольном лагере «ОПЫТ+»

О. В. Степаненко, email: stepanenkoo@yandex.ru

МБОУ БГО «Борисоглебская гимназия № 1»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности организации проектной деятельности обучающихся на основе информационно-коммуникационной технологии по освоению современных компетенций чемпионата ЮниорПрофи (JuniorSkills) в пришкольном лагере «ОПЫТ+».*

Ключевые слова: *проектная деятельность в пришкольном лагере, кейс, модуль, компетенции чемпионата ЮниорПрофи (JuniorSkills).*

Введение

Одним из главных вызовов современному образованию является необходимость формирования функциональной грамотности у всех обучающихся независимо от ступени обучения и их дальнейших образовательных и профессиональных планов. Это вызвано стремительными темпами научно-технического прогресса, значительными технологическими изменениями во всех сферах человеческой деятельности.

Организация проектной деятельности обучающихся в процессе решения модулей кейса в летнем профильном лагере «ОПЫТ+» способствует эффективному формированию компетенций обучающихся, необходимых для их дальнейшей работы не только над индивидуальными проектами, но и для участия в чемпионате компетенций ЮниорПрофи (JuniorSkills).

1. Особенности организации проектной деятельности

Особенностью программы летнего профильного лагеря «ОПЫТ+» является её направленность на проектную деятельность обучающихся в разновозрастных группах. Состав участников – это 4 проектных офиса, по 5 человек. Цель программы – создание необходимых условий для содержательного отдыха, оздоровления и занятости детей и подростков, личностного развития и самоопределения обучающихся в условиях лагеря с дневной формой пребывания детей через сюжетно-ролевую игру

© Степаненко О. В., 2022

– профессиональную работу студии дизайна и разработки настольных игр GD (Game Design) под руководством генерального директора в рамках 4-х проектных офисов по направлениям: «3D моделирование», «Лазерные технологии», «Программирование Arduino», «Мягкие электрические цепи» (под руководством старших гимназистов), а также кураторов направлений (педагогов) гимназии. Для решения проектным офисам был предложен авторский кейс «Учимся, играя!».

День в проектном офисе начинался с зарядки, игр на командообразование на свежем воздухе, планерки и заканчивался подведением итогов дня (рефлексией) на канбан-доске. Каждый день проектные офисы получали новый модуль кейса «Учимся, играя!»:

- Модуль 1. «Сначала проанализируй, потом планируй!»
- Модуль 2. «Изучи!»
- Модуль 3. «Замысли!»
- Модуль 4. «Реализуй!»
- Модуль 5. «Покажи, что получается!»

2. Кейс «Учимся, играя!»

Что делает каждый человек, причем практически всю жизнь?

А если не брать во внимание физиологические потребности, то все люди без исключения – играют! Постоянно играют свою социальную роль, но и не отказываются поиграть ради развлечения! Люди играют тысячи лет. Собственно, первое орудие труда появилось в процессе игры человекообразной обезьяны.

Мы все – игроки! Данные на основе онлайн исследований и статистики игровых сервисов 2019 г. Запоминаемость информации, которая была получена в ходе игры, в 15 раз превышает запоминаемость 30 секундного рекламного ТВ-ролика. Люди проводят за играми приблизительно 26 часов в неделю. 68% россиян играют, из них 27% школьники.

Немецкий философ Ойген Финк представлял игру как один из феноменов человеческого бытия наряду с такими явлениями, как труд, любовь, господство, смерть, которые включены в контекст человеческих отношений. У игры нет никакой цели, её цель и смысл – в ней самой. Игра – не ради будущего блаженства, она уже сама по себе есть «счастье», дарящее блаженство настоящее.

Парадокс нашего существования состоит в том, что в своей продолжающейся всю жизнь охоте за счастьем мы никогда не настигаем его, но тем не менее мы, оставив на мгновение своё преследование, погружаемся в игру, и оказываемся в «оазисе» счастья.

О. Финк писал, что «человек в своей сущности есть работник, игрок, любящий, борец и смертное существо». Пять названных им феноменов

являются для всех людей универсальными, пронизывающими наиболее значимые формы жизнедеятельности человека. Игра – это лишь один из феноменов человеческого бытия, но её подобие можно увидеть в различных сферах человеческой жизни. В последнее время мы ушли в виртуальный игровой мир, и, к сожалению, многое утратили. Чего только стоит наличие нескольких игровых «жизней»! Что дает игра человеку? (можно mind-map в ходе интерактивного обсуждения) – имитация трудовой деятельности, умения работать в команде, слушать, сопереживать, побеждать и проигрывать... А если вдруг случится глобальная катастрофа, и виртуальный мир исчезнет. А человек разучился играть в старые добрые тактильные игры, групповые, настольные… Нужно восполнить… Ваши предложения?

С доисторических времен люди играют в настольные игры – это способ отвлечься от будничных проблем и отдохнуть, а также приобрести новые навыки. И если сначала людей забавляли обычные кости, то с развитием цивилизации игры становились все сложнее: появляются военные стратегии, игральные карты, шахматы, бильярд, электронные игры.

Поэтому, мы играем! на протяжении 5 дней!

Добро пожаловать в нашу студию дизайна и разработки настольных игр GD (Game Design)! Слово – начальнику (нет, не лагеря) нашей студии – генеральному директору Степаненко Ольге Владимировне. Она занимается тем, что держит руку на пульсе новинок игровых технологий, находится в тесном контакте с социальными потенциальными заказчиками наших разработок, мониторит процесс работы и, конечно, мотивирует коллектив на успешную плодотворную деятельность.

Уважаемые коллеги, да именно коллеги! В течение 5 дней каждый из Вас в составе одного из 4 проектных офисов примет участие в проекте по разработке настольной игры.

У Вас есть уникальная возможность представить на суд общественности СВОЮ ИГРУ, которая, по Вашему мнению, заслуживает высокой оценки и поражает воображение.

Необходимо будет создать ту игру, которая полезна, интересна и содержит все необходимые материалы для тиражирования и дальнейшего развития – такой заказ получен от нашего спонсора и стейкхолдера – директора МБОУ БГО «Борисоглебская гимназия № 1».

Ваш выбор должен подкрепляться защитой перед общественностью и представлением разработанной игры.

Итак: продуктовый результат: обучающая (развивающая) настольная игра по одному из учебных предметов, межпредметная настольная игра, игра по правилам дорожного движения, правилам

безопасного использования сети Интернет и т.п., а также папка со всеми материалами (3D модели, чертежи, схемы, карточки и т.п.) по созданию игры на облачном сервисе Google-диска.

Модуль 1. «Сначала проанализируй, потом планируй!»

1. Прочитайте внимательно текст кейса «Учимся, играя». Выпишите ключевые слова, словосочетания, которые помогут Вам спланировать начало своих поисков идеи для игры. С помощью толкового словаря определите значение незнакомых слов. Составьте тезаурус игровой деятельности (геймдизайн, геймплей, локация, сеттинг, квест и т.п.).

2. Найдите информацию о дошедших до нас играх.

3. Изучите информацию о современных играх и их видах. Ознакомьтесь с содержанием видеоролика [1]

4. Создайте ментальную карту, содержащую виды и формы игр, их необходимые элементы.

5. Проанализируйте какие игры будут интересны, полезны детям и подросткам, какие смогут поднять уровень знаний, какие смогут развить различные компетенции, почему. Проранжируйте игры по возрастным особенностям.

6. Расскажите о полезных играх в форме инфографики, или нарисуйте стенгазету.

7. Создайте презентацию-идею своего варианта игры (не более 10 слайдов):

– Слайд 1. Название игры, авторы – команда проектного офиса (ФИО и роль в команде). Приветствуется логотип и название проектного офиса.

– Слайд 2. Вид игры, потенциальные потребители (возраст, на который она рассчитана), цель игры, межпредметные связи (предметы, где игра будет полезна гимназистам).

– Слайд 3. Характеристика аналогов игры. Уникальность разрабатываемой игры.

– Слайд 4. Правила игры.

– Слайд 5. Игровой сюжет.

– Слайд 6-8. Элементы игры.

– Слайд 9. Экономика (бюджет) проекта.

– Слайд 10. Возможность тиражирования и дальнейшего развития проекта.

8. Презентуйте идею своего Проектного офиса другим участникам смены и наставникам. В презентации должны участвовать все члены команды и у каждого должна быть своя роль (программист, сценарист, художник, гейм-дизайнер и т.п.).

9. Разместите все созданные материалы в папке на облачном сервисе Google-диска Вашего проектного офиса.

Итогом 1-го дня должно быть портфолио группы (папка на облачном сервисе Google-диска), наполненное информационными материалами (презентация-идея игры с обоснованием почему именно в такой области выбрана игра).

Модуль 2. «Изучи!»

1. Выясните, какие технологии использовались при создании игр раньше. Что изменилось сейчас в создании игр? Что осталось неизменным?

2. Изучите современные технологии, применяемые в создании игр (3D моделирование и прототипирование, лазерные технологии, мягкие электрические цепи, программирование Arduino и т.п.).

3. Продумайте использование данных технологий в разработке Вашей игры.

4. Внесите корректировки в Вашу презентацию-идею.

5. Создайте эскизы, чертежи, схемы основных элементов игры.

6. Продумайте форму презентации своей игры и сделайте защиту для потенциальной англоязычной публики. Консультация с наставником по запросу.

7. Разместите все созданные материалы в папке на облачном сервисе Google-диска Вашего проектного офиса.

Итогом 2-го дня должно быть портфолио группы (папка на облачном сервисе Google-диска).

Модуль 3. «Замысли!»

1. Дополните игру интересной легендой, атрибутами.

2. Подробно пропишите правила и механику игры.

3. Придумайте оформление игры.

4. Создайте макет выбранной игры из картона или бумаги по разработанному чертежу. Сделайте фотографии созданного макета. Подготовьте описание созданного макета на бумаге. Снабдите описание авторскими рисунками и эскизами.

5. Подготовьте файлы для лазерной резки в формате pdf, файлы для 3D печати (Компас 3D).

6. Разместите все созданные материалы в папке на облачном сервисе Google-диска Вашего проектного офиса.

Итогом 3-го дня должно быть портфолио группы (папка на облачном сервисе Google-диска), наполненное схемой выбранной игры, 3D моделями, макетом, чертежами и их фотографиями.

Модуль 4. «Реализуй!»

1. Распределите работу в группе и продумайте модель ролика-рекламы вашей игры. Команда должна показать уникальность игры, и самые яркие моменты.

2. Внутри команды проведите несколько туров игры, выберите самые яркие и лучшие кадры для ролика.

3. Нарисуйте раскадровку ролика. Для этого вспомните правила изображения, цвета, пропорции человека.

4. Продумайте и напишите сценарий текста для озвучивания ролика-рекламы.

5. Продумайте, что можно еще включить в ролик. Распределите роли, отрепетируйте и подготовьтесь к съемке. Снимите видеоролик по созданной раскадровке, в соответствии с разработанным сценарием, презентующий игру – время ролика до 1 минуты.

6. Разместите все созданные материалы в папке на облачном сервисе Google-диска Вашего проектного офиса.

Итогом 4-го дня должно быть портфолио группы (папка на облачном сервисе Google-диска), содержащее ролик-рекламу, презентующий игру.

Модуль 5. «Покажи, что получается!»

1. Представьте, что Вы презентуете разработку своей игры спонсорам. От Вашей презентации зависит будущее игры, масштабы ее распространения среди школьников всего мира. Напишите текст для презентации (до 3 минут).

2. Подготовьте выступление от группы с презентацией игры. В презентации должны участвовать все члены группы! Презентация может быть костюмированная. Ваша цель – доказать, что выбранная и созданная игра достойна быть самой используемой школьниками в мире.

3. Обсудите и отберите тот материал, который необходимо использовать в защите проекта.

4. Разработайте план выступления, определите место вашим макетам и роликам. Выберите форму выступления, чтобы она была творческой, мобильной и доказательной. Распределите роли в группе.

5. Составьте текст выступления, сценарий защиты, отрепетируйте и скорректируйте выступление по времени. Время выступления – до 10 минут.

6. Подберите музыкальное сопровождение и костюмы при необходимости для воплощения вашего замысла.

7. Не забудьте дать слово переводчикам, чтобы они ознакомили широкую общественность с вашей работой. Время выступления на английском языке – 2 минуты.

8. Предположите, какие вопросы могут задать слушатели про вашу игру и ход работы. Сделайте предварительные заметки.

9. Разместите все созданные материалы в папке на облачном сервисе Google-диска Вашего проектного офиса.

Итогом 5-го дня должно быть портфолио группы (папка на облачном сервисе Google-диска), наполненное сценарием выступления с разбивкой на роли. Защита до 1 часа (все отряды).

Заключение

В каждом проектном офисе руководителем из числа гимназистов (участников лагеря) организовывались летучки и планерки, для всей студии проводились корпоративные тренинги и мастер-классы от кураторов (наставников – педагогов) и мастер-классы от руководителя проектного офиса (ученическая наставническая лига).

В течение пяти дней гимназисты участвовали в играх на командообразование, которые способствовали развитию индивидуальных и творческих способностей детей. У ребят развивались навыки работы в группе, они учились самостоятельно решать проблемные ситуации, видеть свою роль в коллективе и ее выполнять.

Каждому проектному офису в процессе решения кейса «Учимся, играя!» необходимо было создать ту игру, которая полезна, интересна и содержит все необходимые материалы для тиражирования и дальнейшего развития – такой заказ был получен от спонсора и стейкхолдера – директора МБОУ БГО «Борисоглебская гимназия №1».

Проектными офисами были созданы 4 настольные игры:

Настольная развивающая игра «Отгадай и собери!». Рекламный видеоролик [2].

Обучающая настольная игра «Мой родной Борисоглебск». Рекламный видеоролик [3].

Обучающая настольная игра «Перекрёсток». Рекламный видеоролик [4].

Обучающая настольная игра-бродилка «Безопасный путь домой». Рекламный видеоролик [5].

Генеральный директор студии дизайна и разработки настольных игр GD (Game Design) Степаненко Ольга Владимировна подвела итоги работы проектных офисов, отметив, что в процессе командной работы ребята делились друг с другом имеющимся опытом, младшие учились у старших и наоборот старшие учились у младших, приобретенный в лагере ОПЫТ+ (Hard и Soft Skills) будет полезен гимназистам в процессе дальнейшей работы над проектами, в том числе индивидуальными.

Таким образом, работа проектных офисов по направлениям «3D моделирование», «Лазерные технологии», «Программирование Arduino», «Мягкие электрические цепи» способствовала освоению таких современных компетенций чемпионата ЮниорПрофи (JuniorSkills), как:

«Инженерный дизайн», «Прототипирование», «Промышленный дизайн», «Электроника».

Список литературы

1. Настольные игры. Какие они бывают? Как и зачем? С чего начать новичку? [Электронный ресурс] : [видеоролик]. – Электрон. дан. – 2020. – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=VKe9idMpNuA&t=101s

2. Реклама обучающей настольной игры «Отгадай и собери!» [Электронный ресурс] : [видеоролик]. – Электрон. дан. – 2021. – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=CPJvxWpyaUg

3. Реклама обучающей настольной игры «Мой родной Борисоглебск» [Электронный ресурс] : [видеоролик]. – Электрон. дан. – 2021. – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=YPViR-Q59so

4. Реклама обучающей настольной игры «Перекрёсток» [Электронный ресурс] : [видеоролик]. – Электрон. дан. – 2021. – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=3bK59M7jZvc

5. Реклама обучающей настольной игры-бродилки «Безопасный путь домой» [Электронный ресурс] : [видеоролик]. – Электрон. дан. – 2021. – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=AA81JMkUW9Y

Проектная технология обучения гимнастике на основе ИКТ

Н. Л. Щербинина, email: nady.petra19@gmail.com
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru

МБОУ «Отрадненская гимназия»

Аннотация. *В современной школе учителя применяют ИКТ постоянно. Новые стандарты предъявляют требования не только к качеству образования, но и к условиям, которые необходимо создать в школе. Поэтому большинство учителей готовы к работе с техникой. Спектр использования возможности ИКТ в образовательном процессе достаточно широк.*

Ключевые слова: *внеурочная деятельность Внедрение ИКТ в работу учителя, урочная деятельность, внеурочная деятельность, информационно-коммуникационные технологии.*

Введение

Очень широко ИКТ применяются в работе общеобразовательных учреждений. В наше время практически на каждом уроке в ОУ так или иначе применяются компьютерные технологии. Они открывают перед современными учителями новые возможности для широкого внедрения в педагогическую практику актуальных методических разработок, направленных на реализацию инновационных идей воспитательно-образовательного процесса [1-4]. Владение ИКТ помогает учителю чувствовать себя уверенно и комфортно в новых социально-экономических условиях, а образовательному учреждению – перейти в режим функционирования и развития открытой образовательной системы.

1. Использование ИКТ в педагогической деятельности

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) – это способ представления информации в электронном виде, ее обработка и хранение. Использование информационно-коммуникационных технологий стало частью культуры и необходимой нормой для людей во всем мире. В условиях динамично меняющегося мира, стремительного роста информационного потока, развития новых информационных технологий и их возможностей приобретает фундаментальное значение информатизация сферы образования.

Использование ИКТ в педагогической деятельности предполагает:

© Щербинина Н. Л., Щербинина И. В., 2022

– Создание учебно-методических пособий (игры, проекты, презентации, материалы тематических мероприятий); условий для интеллектуального развития школьников; интеграции образовательного процесса; «копилки» педагогического опыта интеграции образовательного процесса, программы обучения детей школьного возраста; условий развития информационной культуры всех участников образовательного процесса.

– Использование интеренет-ресурсов, что позволит решить ряд задач при подготовке к образовательному процессу, для ознакомления с новыми методиками: дополнительной информацией, которой нет в книгах; красочно-иллюстрированными материалами, как статическими, так и динамическими (анимации, видеоматериалы, клипы); сетевых электронных ресурсов – способа распространения новых методических находок и новых дидактических пособий, способа общения и обмена информацией, доступного педагогам независимо от их места проживания и уровня дохода.

В современной школе учителя применяют ИКТ постоянно. Новые стандарты предъявляют требования не только к качеству образования, но и к условиям, которые необходимо создать в школе. Поэтому большинство учителей готовы к работе с техникой. Спектр использования возможности ИКТ в образовательном процессе достаточно широк. Как показывает практика, без новых информационных технологий уже невозможно представить себе современную школу. Очевидно, что в ближайшие десятилетия роль персональных компьютеров будет возрастать, и в соответствии с этим будут возрастать требования к компьютерной грамотности детей и самого учителя. Уроки с использованием ИКТ становятся привычными для обучающихся школы, а для учителей становятся нормой работы.

Внедрение ИКТ в работу учителя способствует достижению основной цели модернизации образования – улучшению качества обучения, увеличению доступности образования, обеспечению гармоничного развития личности, ориентирующейся в информационном пространстве, приобщенной к информационно-коммуникационным возможностям современных технологий. Использование информационных технологий в образовательном процессе позволяет не только модернизировать его, повысить эффективность, мотивировать учащихся, но и дифференцировать процесс с учетом индивидуальных особенностей каждого ученика.

Можно выделить несколько направлений использования ИКТ:

– ведение рабочей документации, отчетности в электронном формате;

– урочная деятельность;
– внеурочная деятельность;
– использование Интернет-ресурсов.

Документация – это и составление рабочих программ, и календарно-тематического планирования, и создание методических копилок: «Классные часы», «Методические материалы», «Контрольные, проверочные работы и тесты», мониторинг контроля и оценивания уровня достижений учащихся для улучшения качества образования и результативности обучения.

В настоящее время уже во многих школах активно используются такие формы документации, как электронный журнал, портфолио учителя, портфолио ученика. Для того чтобы эти формы работали, необходимо, чтобы учебное заведение имело постоянный доступ к сети Интернет.

Урочная деятельность предусматривает различные способы использования ИКТ на уроке. Личность учителя, его творчество и профессиональное мастерство всегда находили свое воплощение в сценарии самого урока, а теперь они отражаются и в создаваемом (или используемом) прикладном программном обеспечении. Профессионализм учителя находит свое воплощение в отборе, критическом анализе готовых программных средств или создании собственных.

Внеурочная работа – составная часть учебно-воспитательного процесса школы, одна из форм организации свободного времени учащихся. Использование средств ИКТ не на уроке, а вне урока обладает рядом преимуществ: отсутствуют жесткие временные рамки для каждого фрагмента учебного процесса, имеется возможность для индивидуального решения технических проблем, можно обойтись меньшим количеством технических средств и т.д. Вне урока можно выполнять домашнее задание к очередному занятию, заниматься индивидуальной или коллективной работой над проектом, самостоятельной подготовкой, работой в элективном курсе другой школы, дополнительным образованием, самообразованием. Такое использование ИКТ сочетается с урочным – в форме представления учащимися своих работ и выступлений учителя, лабораторных работ и т. д.

Интернет является огромным информационным ресурсом, который ежедневно пополняется. Все значительные библиотеки мира предлагают свои виртуальные книжные полки потенциальным читателям. Музеи и галереи демонстрируют свои экспонаты и шедевры прямо на рабочем столе. Сеть предоставляет возможность любому участнику

коммуникаций опубликовать любую информацию о себе или своих проектах. Идет активный обмен готовыми мультимедийными продуктами и компьютерными обучающими программами. Интернет несет функцию почты. Сообщение почти мгновенно доставляется в любую точку мира, где есть доступ в Интернет (этот аспект может быть использован всеми участниками образовательного процесса: и учителя, и школьники могут переписываться с друзьями и коллегами во всех странах мира). Интернет даёт возможность создавать профессиональную корпоративную среду. Такая среда называется корпоративной сетью и, по существу, является интеграцией нескольких основных функций и технологий, объединяющих в одну организационную среду электронную почту, базы данных, совместное использование информационных ресурсов и обмен текущей документацией. Сейчас в Интернете появились многочисленные образовательные сайты и порталы, форумы, сетевые сообщества учителей и учеников, сетевые образовательные журналы, сетевые ресурсы по различным предметам. Несомненно, Интернет – это база для самообразования и саморазвития. Также в сети Интернет используются формы обучения – дистанционные курсы, дистанционные конкурсы и олимпиады. Они позволяют не замыкаться школьному коллективу на уровень школы или района, а выходить далеко за его рамки.

Современный учитель является главным действующим лицом любых школьных преобразований, которые требуют от него переориентации деятельности на новые педагогические ценности, что, в свою очередь, высвечивает одну из основных проблем в работе по повышению профмастерства педагогов – формирование исследовательской культуры.

Внедрение ИКТ в систему образования можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно новому содержанию обучения и развития ребенка. Данный способ представляет собой возможность интересного обучения, нахождения источников информации, а также воспитывает самостоятельность, ответственность при получении новых знаний и развивает дисциплину интеллектуальной деятельности. Возможности ИКТ позволяют увеличить объём предлагаемого для ознакомления материала. Несомненно, большое значение в школьном образовании имеет многообразие форм подачи программного материала, ведь у школьников один и тот же материал зачастую повторяется многократно. Поэтому в систему школьного воспитания и обучения необходимо внедрять информационные технологии.

Конечно, стоит упомянуть и дистанционное обучение. В условиях пандемии, вероятно каждому пришлось столкнуться с данным понятием. Дистанционное обучение (Distance learning) – в современном понимании является способом организации учебного процесса с использованием образовательной среды, основанной на современных информационных и телекоммуникационных технологиях, позволяющих осуществлять обучение на расстоянии без непосредственного контакта между преподавателем и учащимся.

Использование ИКТ в ДО позволяет:

– решить проблему интерактивного общения при взаимодействии преподавателя и учащихся, преподавателя и учебной группы, отдельного учащегося и учебной группы;

– обеспечить постоянный контроль за уровнем усвоения учебного материала;

– обеспечить учащихся учебными материалами и учебной информацией, хранящимися на разнообразных информационных серверах и в базах данных телекоммуникационных сетей;

– обеспечить гибкое обучение с возможностью построения индивидуальной образовательной траектории;

– интегрировать отечественную и зарубежную системы образования, предоставляя учащимся возможности получить образование как в России, так и за ее пределами;

– возможность учиться всем и всегда (независимо от их возраста, квалификации, состояния здоровья, условий работы, удаленности от центра обучения и т. д.).

В период дистанционного обучения на помощь учителям, ученикам и их родителям на помощь пришли информационно-компьютерные технологии. С помощью ИКТ проводились уроки, выполнялись домашние задания. Именно это позволило сохранить достаточно высокий уровень образования школьников в такое непростое время.

Специфика каждого учебного предмета своя, но принцип общий: задача учителя состоит в том, чтобы создать условия практического овладения знаниями. Мы, конечно, знаем о применении ИКТ на уроках русского языка, математики, информатики, истории и других предметах, но как объяснить важность применения компьютерных технологий на уроках гимнастики? Гимнастика – вид спорта, отличительной чертой которого является разностороннее и гармоничное воздействие на организм и тело человека. Гимнастические упражнения охватывают все звенья опорно-двигательного аппарата. Именно поэтому этот вид спорта так важен для современных школьников, который достаточно много времени проводят в сидячем положении.

Дефицит движения школьников могут восполнить только занятия физической культурой и спортом, а в условиях школы – это уроки физической культуры, гимнастики, ритмики. При этом каждый ученик должен получить за время учебы знания, которые понадобятся ему в дальнейшей жизни, а учитель должен работать так, чтобы обучение приносило пользу и укрепляло здоровье учеников. Важная роль отводится здоровьесберегающим технологиям, целью которых является формирование необходимых знаний, умений и навыков по здоровому образу жизни, развитие двигательных способностей, которые так необходимы в жизни.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) являются одним из способов разнообразить уроки физической культуры, сделать их более наглядными, интересными для современных детей. Не секрет, что уроки физической культуры включают большой объём теоретического материала, на который выделяется минимальное количество часов, поэтому применение различных средств ИКТ позволяет эффективно решать эту проблему.

В ходе образовательного процесса периодически осуществляется просмотр фото и видеоматериалов с различных сайтов, где опытные спортсмены выполняют определенные упражнения и элементы. Благодаря ИКТ у учителя появилась возможность увеличить наглядность в процессе преподавания. Применение компьютерной техники на уроках позволяет сделать каждый урок нетрадиционным, ярким, насыщенным, легко запоминающимся. Наглядное представление, в свою очередь, способствует более быстрому объяснению материала и разучиванию упражнений.

Компьютер значительно расширяет возможности предоставления информации. Применение цвета, графики, мультипликации, звука – всех современных средств видеотехники – позволяет воссоздавать реальную обстановку деятельности (например, поставить ученика в положение участника соревнований). На уроках гимнастики применение интерактивной доски позволяет облегчить процесс обучения технически сложных видов упражнений. Учитель, работая с доской, имеет возможность, разбив технический прием на слайды, показывать их с такой скоростью, с какой это необходимо для детального изучения и понимания в данном классе. С помощью маркера на доске во время показов слайдов стрелками можно нарисовать направления движения ног, рук, туловища. Возможен разбор ошибок. Можно стрелками предположить полет мяча или обруча при неправильной работе рук и ног. Такой метод обучения техническим действиям и приемам очень эффективен, нагляден и нравится учащимся.

Результатами использования интерактивной доски на уроках физкультуры являются:

– абсолютная доступность при любой физической подготовленности;

– заинтересованность учащихся в изучении техники выполнения упражнений;

– применение этих знаний и умение в жизни.

Существуют различные формы использования ИКТ на уроках гимнастики:

1. Наглядные пособия. В школе закладываются основы техники различных двигательных действий, которые не только востребованы в течение всего процесса обучения, но и в дальнейшей жизни. Учитель физически не всегда готов показать правильную технику изучаемых упражнений. Усложняет ситуацию то, что во многих школах отсутствуют или устарели наглядные пособия (карты, рисунки, таблицы). В наше время все эти проблемы могут быть решены при использовании ИКТ в процессе физического воспитания. Можно найти или сделать самим схемы, рисунки, которые подробно покажут технику упражнения. Из множества видеоматериалов вполне можно подобрать нужные практически по любой теме, в том числе с покадровым изображением или в замедленном действии. Особенно это актуально при изучении элементов, которые выполняется быстро, динамично. К тому же, можно обратить внимание на типичные ошибки, дать рекомендации по выполнению того или иного действия.

2. Электронные презентации. Электронная презентация может содержать большой теоретический материал, который, тем не менее, легко усваивается из-за неординарной формы ее подачи. Сама презентация, может быть использована как средство самообучения и самостоятельной работы. Наличие визуального ряда информации позволяет закрепить в памяти изучаемый материал. Также создание презентаций по различным темам могут быть заданием для учащихся, желающих получить дополнительную оценку или для учащихся, освобожденных по состоянию здоровья от практической части урока.

3. Электронное тестирование. Одним из способов проверить уровень освоения знаний, является тестирование. В настоящее время в сети Интернет можно найти много готовых вариантов тестирования. Нужный тест можно найти или создать самостоятельно, с помощью специальных программ.

4. Мультимедийные интерактивные упражнения. С помощью различных приложений, таких как learningApps.org, рисунки-google, сетевые презентации google, можно создавать красочные, интересные

задания для учащихся или воспользоваться готовыми вариантами. Задания с помощью этих программ, можно сделать в виде кроссвордов, паззлов, ребусов, рисунков, что особенно нравится детям. Учащиеся воспринимают такие упражнения, как игру, но в то же время эти упражнения помогают усвоить или проверить теоретический материал или общую эрудицию по различным разделам программного материала.

Конечно же применение ИКТ на уроке должно быть обоснованно. Целесообразно использовать компьютеры в обучении лишь тогда, когда они обеспечивают получение знаний и умений, которые невозможно или достаточно сложно сформулировать при использовании традиционных технологий. Применять ИКТ следует систематично. Если использовать их очень редко, то каждое применение превращается в чрезвычайное событие и создает у учащихся повышенное эмоциональное возбуждение, мешающее восприятию и усвоению учебного материала. Наоборот, слишком частое использование ИКТ в течение многих уроков подряд приводит к потере интереса к ним. Разумеется, в обучении, даже с применением ИКТ, должен осуществляться индивидуальный подход. Учащиеся должны усвоить необходимый минимум знаний, предложенный программой по гимнастике. Кто-то справится с поставленной задачей в процессе урока, а кому-то требуется больше времени и источников информации. Есть ученики, которым этого минимума окажется достаточно, а есть те, кому этого будет мало. Поэтому следует учитывать индивидуальные особенности детей при составлении заданий и выбора объема информации.

Еще одним важным этапом образовательного процесса в любом виде спорта является работа над ошибками. В процессе отработки отдельных элементов и упражнений ведется фото и видеосъемка для того, чтобы ученики могли наглядно увидеть собственные ошибки. Для лучшего рассмотрения видео может быть замедлено до нужной скорости с помощью компьютерных технологий. Данная функция еще больше упрощает возможность рассмотрения ошибки. В дальнейшем ошибки либо совместно разбираются, либо дается домашнее задание, в ходе которого ученик самостоятельно разбирает и описывает свои недочеты, для того чтобы исправить их на практике. В некоторых случаях учитель может отправить видеоматериал с записью обучающихся коллегам по электронной почте или в других социальных сетях. Советы коллег учитываются при работе над ошибками.

Учителем по гимнастике ИКТ используются не только при поиске научных статей, методических рекомендаций, видео и фотоматериалов, но и музыкальных произведений. С помощью специальных программ осуществляется редактирование музыки для проведения тренировок и

показательных выступлений. Музыкальный материал хранится на съемных носителях, на рабочем компьютере или телефоне. Таким образом, им можно воспользоваться в любой момент.

Широко используется опыт проведения онлайн мастер-классов, вебинаров, творческих сессий для педагогов, родителей и детей. Это помогает всегда вовремя получить новые знания, проработать волнующие вопросы не встречаясь лично, даже на расстоянии множества городов. Одним из плюсов онлайн-мероприятий является неограниченное количество учащихся. Не приходится переживать, как разместить сто, двести, пятьсот учеников, и ограничивать запись желающих. Если оффлайн мастер-класс допускает участие ограниченного количества людей, в зависимости от площади места проведения, то онлайн вебинар вместит столько, сколько нужно. Также, онлайн-мастер-классы в виде вебинара предполагают значительную экономию времени. Участникам не нужно тратить время для того, чтобы прибыть к месту проведения занятия. Можно находиться в разных странах. Каждый находится в своих родных стенах. Если же кто-то не успел подключиться к вебинару вовремя, он всегда может отмотать запись на начало или позже просмотреть в записи весь вебинар. Вообще, вебинары – это отличная возможность учиться у лучших, даже находясь в маленьком городке или населенном пункте. Также это и отличная возможность обучать самим никуда не выезжая.

ИКТ применяются не только на уроках гимнастики, но и при обработке и сохранении результатов обучения, а также их дальнейшего анализа. Результаты диагностики, соревнований, анкетирований заносятся в компьютер посредством различных программ: Word, Excel и др. По данным результатам ведутся подсчеты, считается процент результативности, на основе которых делаются выводы и ведется дальнейшая работа.

При организации и проведении современного урока физкультуры необходимо использование ИКТ, что позволяет успешно совмещать не только физическую, но и умственную работу. Данные технологии позволяют делать совместную организованную деятельность учителя с учениками по-настоящему интересной и привлекательной, яркой и эмоциональной для детей. Однако, какими бы положительным, огромным потенциалом не обладали информационно-коммуникационные технологии, заменить живого общения педагога с учеником они не могут и не должны.

Заключение

В заключении хочется отметить, что одним из приоритетных направлений работы школы является повышение качества образования

через использование информационных технологий на уроках наряду с традиционными формами обучения. В школе имеются все условия для проведения уроков с компьютерной поддержкой: интерактивная доска, мультимедийный проектор, компьютер. Это значит, что в условиях образовательного учреждения возможно и целесообразно использовать ИКТ для привлечения интереса детей к физической культуре, гимнастике и здоровому образу жизни.

Компьютерная поддержка позволяет вывести современный урок на качественно новый уровень, повысить статус учителя, использовать различные виды деятельности на уроке, эффективнее организовать контроль и учёт знаний учащихся. За использованием информационных технологий будущее. Рано или поздно использование компьютера в учебной деятельности станет массовым, обыденным явлением.

Список литературы

1. Иванов, А. А. Использование ИКТ и дистанционных образовательных технологий в педагогической деятельности [Электронный ресурс] / А. А. Иванов. – Режим доступа: https://урок.рф/library/ispolzovanie_ikt_i_distantcionnih_obrazovatelnih_115803.html

2. Алексеева, И. В. Использование ИКТ-технологии в работе учителя [Электронный ресурс] / И. В. Алексеева. – Режим доступа: https://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/obshchepedagogicheskie-tekhnologii/2020/02/21/ispolzovanie-ikt-tehnologii-v-rabote

3. Курина, Т. Е. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в школе – польза или вред? [Электронный ресурс] / Т. Е. Курина. – Режим доступа: https://nsportal.ru/shkola/obshchepedagogicheskie-tekhnologii/library/2017/07/27/informatsionno-kommunikatsionnye

4. Сидоров, С. В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании [Электронный ресурс] / С. В. Сидоров. – Режим доступа: https://si-sv.com/Posobiya/ped_tekh/ikt_v_obrazovanii.pdf

Секция 3
Компьютерное моделирование в образовании

Проблемы моделирования и реализации концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы персонализации и кодификации IoT-образования на основе интернета вещей

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [1,2]

[1] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
[2] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы моделирования и реализации цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы персонализации IoT-образования на основе интернета вещей. Основные направления моделирования и реализации концепции цифровой инфраструктуры системы образования связываются с отбором, обоснованием и кодификацией перечня: 1) производственных и образовательных IoT-целей и IoT-процессов, 2) производственных, образовательных и бытовых IoT-объектов, 3) производственных и образовательных IoT-субъектов, 4) особенностей управления технической IoT-инфраструктурой образования: автоматическая инициация, запуск, выполнение и завершение IoT-процессов обеспечения образования, 5) особенностей управления IoT-профилями, IoT-интерфейсами и режимами работы IoT-субъектов, 6) особенностей управления IoT-мониторингом и организации учебно-событийной сигнализации о IoT-образовательных процессах, 7) особенностей управления IoT-безопасностью, IoT-поведением/сознанием/мышлением/особенностями принятия решений в IoT-среде, 8) особенностей IoT-анализа поведения/присутствия/перемещения IoT-объектов и IoT-субъектов в образовательном учреждении на основе интернета вещей в условиях персонализации образования, использования робототехники, систем искусственного интеллекта на основе обработки «больших» образовательных данных, 9) особенностей кодификации управления IoT-профилями, IoT-интерфейсами и режимами работы, 10) обоснования, выбора и кодификации перечня функционально-офисных IoT объектов, 11) особенностей кодификации управления IoT-мониторингом и организации учебно-событийной сигнализации о IoT-образовательных процессах, 12) особенностей кодификации управления IoT-*

© Абрамян Г. В., 2022

безопасностью, IoT-поведением/IoT-анализом присутствия/ перемещения в образовательном учреждении.

Ключевые слова: *персонализация и кодификация образования, IoT, моделирование концепции, разработка цифровой инфраструктуры, интеллектуальная система, большие образовательные данные.*

Введение

В соответствии с указом «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» планируется значительное увеличение количества инновационных предприятий, которые должны обеспечить прорывное научно-технологическое развитие экономики и социальной сферы. Для достижения новых целей, разработки и внедрения цифровых технологий в настоящее время активно реализуется программа «Цифровая экономика» (ЦЭ) координирующая создание кодифицированной инфраструктуры оперативной, безопасной передачи, обработки и хранения большого объёма данных. Эффективная реализация программы ЦЭ предполагает достижение, в том числе, всеобщей цифровой грамотности, а также значительное увеличение выпуска специалистов в сфере ЦЭ. В программе ЦЭ указывается важность развития процессов компьютеризации, информатизации, цифровизации и кодификации не только для сфер производства, промышленности и бизнеса, но для сфер образования, науки, социальной, досуговой, сфер жизнедеятельности российских граждан [1]. Современная система цифрового образования в РФ в условиях реализации концепции ЦЭ, Плана развития г. Москвы «Умный город будущего – 2030», концепции «Умный Санкт-Петербург» и их зарубежных аналогов (например, японской «Общество 5.0», в первую очередь предполагает активную интеграцию и диффузию цифровой среды в инфраструктуры, системы, физические пространства традиционного и электронно-цифрового образования [2, 3].

В докладе рассматриваются проблемы, перспективы и направления моделирования и реализации концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы персонализации и кодификации IoT образования на основе интернета вещей с учетом проектируемых и перспективных аппаратно-программных систем комплексной автоматизации образовательных процессов включающей системы: 1) IoT-робототехники, 2) систем искусственного интеллекта, 3) систем обработки «больших» образовательных данных.

1. Концепция моделирования и реализации цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT персонализации образования

Концепция моделирования и реализации цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT персонализации образования основана на использовании технологии «интернета вещей» и по содержанию заключается в использовании средств радиочастотной идентификации и информационном взаимодействии между объектами и субъектами образовательной инфраструктуры (физическими объектами) между собой, а также между внешним социальным и электронно-цифровым окружением на основе беспроводных сетей, облачных вычислений, разработки и внедрения технологий межмашинного взаимодействия и идентификации объектов/устройств на основе 6-ой версии интернет протокола IPV6 и программно-определяемых сетей SDN на основе протокола OpenFlow обеспечивающего: 1) разделение процессов передачи и управления образовательными данными, 2) централизацию управления учебными и административными сетями на основе унифицированных программных средств, 3) виртуализацию и кодификацию образовательной инфраструктуры, физических объектов, устройств и субъектов образовательных процессов.

2. Проблемы моделирования и реализации концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT образования на основе интернета вещей в условиях персонализации и кодификации системы образования

Моделирование и реализация концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT образования на основе интернета вещей в условиях персонализации и кодификации образования, активного использования робототехники и систем искусственного интеллекта предполагает решение проблем:

1. Отечественной разработки/отбора передовых образцов зарубежной IoT-робототехники, систем искусственного интеллекта, систем обработки «больших» образовательных данных для организации IoT-образования в условиях персонализации и кодификации образования.

2. Обоснования, выбора и кодификации перечня производственных и образовательных IoT-целей и IoT-процессов (IoT-учеба, IoT-воспитание, IoT-самообразование, IoT-развитие) получающих права доступа для чтения/записи/передачи «больших» образовательных IoT-данных в условиях персонализации обучения, активного использования робототехники и систем искусственного интеллекта.

3. Обоснования, выбора и кодификации перечня производственных, образовательных и бытовых IoT-объектов (материальных,

нематериальных, электронных аналоговых, цифровых, имеющих/не имеющих современного IoT-функционала, дидактических средств/предметов, технических, автоматизированных, робототехнических средств и устройств, современных учебных и наглядных пособий, например воздействующих нейролингвистически на органы сознания и чувств обучающихся и облегчающих им восприятие и изучение учебного материала, методы, приемы обучения, формы организации учебно-познавательной деятельности систем обучения и пр.) для реализации IoT-технологий образования. Формирование перечня и функции технических средств IoT-обучения может осуществляться на основе анализа функций традиционных технических средств обучения: 1) приборов, лабораторного оборудования, 2) проекторов, 3) лингафонных устройств, 4) видео/магнитофонов, 5) персональных компьютеров, 6) карт, 7) макетов, 8) наглядных пособий, 9) диапроекторов/диафильмов, 10) 2D-, 3D-моделей живых и неживых объектов. К средствам цифровых коммуникаций для IoT-обучения в настоящее время относятся смартфоны, цифровые гаджеты, компьютеры, сети связи и пр. К бытовым техническим аналоговым или цифровым приборам для IoT-обучения можно отнести: 1) часы, будильники, 2) телевизоры, 3) домашние кинотеатры, 4) чайники, кофеварки, 5) охранные системы, 6) системы освещения и кондиционирования, 8) датчики освещённости, движения и пр.

4. Обоснования, выбора и кодификации перечня производственных и образовательных IoT-субъектов (обучаемых и их родителей, преподавателей, ППС, учителей, управленческого и технического персонала организации и пр.) для подключения и использования технологии IoT-образования.

5. Обоснования, выбора, кодификации и монтажа коммуникационных сетей поддержки IoT-взаимодействия: 1) инфракрасных, 2) беспроводных, 3) силовых, 4) слаботочных и пр.

6. Обоснования, выбора и монтажа аппаратных IoT-средств и установки программных IoT-средств поддержки инфраструктуры и коммуникаций интеллектуальной системы IoT-образования.

7. Обоснования, выбора, кодификации и монтажа автоматизированных датчиков для мониторинга и управления цифровой, робототехнической и киберфизической IoT-средой образования (датчиков входного/выходного контроля, датчиков контроля локального присутствия, датчиков контроля движения и маршрутов перемещения, тепловых датчиков, датчиков освещённости, датчиков и систем индивидуального распознавания образов и лиц, систем индивидуального распознавания динамического аудио и видеоконтента).

8. Управления технической IoT-инфраструктурой цифрового образования: автоматическая инициация, запуск, выполнение и завершение IoT-процессов обеспечения образования (включение/отключение и управление интенсивностью режимов работы электрооборудования, систем вентиляции, систем ультрафиолетовой очистки воздуха, систем отопления, систем освещения, систем автоматической поддержки температуры, мониторинга текущей ситуации, системами ухода/полива зеленых насаждений на территории (например, сада, изменение освещённости для растений «зимнего» сада и пр.).Активизации и IoT-управление процессами обеспечения IoT-образования позволит оптимизировать и перераспределить функции штатных работников, сберечь ресурсы, электроэнергию и управлять потреблением ресурсов с учетом производственной необходимостью (например, с учетом внешних факторов – погоды, температуры окружающей среды, санитарно-гигиенических и экологических требований, пандемических ограничений и пр., производственных факторов – расписания аудиторных занятий, перерывов, каникул, отпусков сотрудников пр.).

9. Кодификации управления IoT-профилями, IoT-интерфейсами и режимами работы IoT-субъектов цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT-образования как цифровой образовательной IoT-экосистемы (профилями IoT-обучения, профилями IoT-преподавания, профилями IoT-воспитания, профилями технических IoT-служб, профилями IoT-методической поддержки и служб, профилями IoT-служб безопасности, профилями IoT-служб управления, кадрового учета и пр.) [4-6].

10. Обоснования, выбора и кодификации перечня функционально-офисных IoT объектов (инфраструктуры, приборов, оборудования, мебели, физических объектов, личных «вещей», и пр.) подлежащих сетевой образовательной IoT-интеграции, например: 1) мест и объектов для установки датчиков и камер IoT-мониторинга и наблюдения, 2) рабочих мест (ПК, периферии, столов, стульев и пр.), 3) входных/выходных IoT-турникетов для входа/выхода в образовательную организацию, проходных турникетов между корпусами, аудиториями, коридорами ипр., 4) IoT-дверей, 5) IoT-окон, 6) мобильных IoT-ПК, 7) мобильной IoT-периферии, 8) IoT-смартфонов, 9) IoT-гаджетов, 10) IoT-смарт-устройств, 11) IoT-часов и пр.

11. Кодификации управления IoT-мониторингом и организации учебно-событийной сигнализации о IoT-образовательных процессах. Например, мобильная сигнализация событий о IoT-расписании для: 1) студентов и учащихся с функциями напоминания о лекционных,

практических, лабораторных занятиях, номерах аудиторий, переносах/замен занятий/преподавателей, сдачи учебных отчетов, ведения дневников успеваемости, социальных мероприятиях, медицинских осмотрах, карантинных мероприятиях, в том числе в период пандемии и пр., [7-9]; 2) преподавателей с функциями мобильного напоминания о расписании занятий, номерах аудиторий, переносов/замен занятий, организационных мероприятиях (заседаниях кафедр, совещаниях, семинарах, курсах ПК и пр.), [10, 11] 3) технического персонала об особенностях реализации функциональных обязанностей, например подготовки и сроков сдачи работ/отчетов, особенностей оформления отчетных материалов, требований к ведению документооборота, планирование, проведение производственных процессов, мероприятий, ревизий, осмотров, графиков уборок, профилактического обслуживания, ремонта и пр. Для всех категорий IoT-пользователей реализуются также общие IoT-оповещения, [12] например оповещения о критических ситуациях, срабатывании систем безопасности, пожаротушения, отключения/включения электроэнергии, режимах работы, текущем меню и цен в точках общественного питания (столовых, кафе, буфетах). При наличии у IoT-пользователей надкожных/подкожных встроенных микрочипов-имплантатов на интегральных схемах или на основе RFID технологии и интеграции с базами «больших данных» возможна реализация непрерывного мониторинга за особыми группами IoT-студентов, IoT-преподавателей и IoT-сотрудников [13], например, с целью визуального мониторинга, контроля и анализа психологических, эмоциональных, физиологических состояний, напоминания о необходимости соблюдения режима труда, учебы и отдыха, напоминаний о необходимости приёма лекарств, мониторинга«правильных»/«неправильных» состояний (положения тела, осанки, походки и пр.), соблюдения режима питания, динамики дыхания, частоты пульса, давления, динамики движения и частоты моргания зрачков глаз, мониторинг температуры локальных частей тела, в том числе мониторинг состояния локальных частей левой и правой частей головного мозга.

12. Кодификации управления IoT-безопасностью, IoT-поведением/IoT-анализом присутствия/перемещения в образовательном учреждении. В настоящее время в основном реализуется концепция управления объектами искусственного IoT-сознания со стороны объектов естественного сознания, но в перспективе при условии разработки и наличии соответствующих интерфейсов, средств и технологий вполне возможна успешная реализация и обратного IoT-мониторинга, контроля и управления естественным сознанием IoT-субъектов на основе

интерфейсов сопряжения с субъектами искусственного IoT-сознания. В настоящее время данное направление реализуется частично, например, на основе алгоритмов распознавания образов/лиц с целью выявления рисков агрессивного/нетипового поведения и пр.

13. Кодификации управления качеством и оценкой функционирования телекоммуникационной инфраструктуры IoT-образования [14-16].

Заключение

Моделирование и реализация концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы IoT образования предполагает, что все IoT-объекты и IoT-субъекты образования являются либо полностью цифро-кодифицированными либо кодифицированны гибридными аналогово-цифровыми либо аналоговыми инструментами – имеющими например открытый цифровой интерфейс поддержки работы с IPV6, программно-определяемыми сетями на основе протокола OpenFlow. В качестве альтернативного пути можно рассматривать например варианты программно-аппаратной кодификации и дооснащения традиционных аналоговых или электронных образовательных ресурсов, реальных физических или аналоговых объектов и субъектов встроенными IoT-модулями, поддерживающими интеллектуальные IoT-процессы образования и технологии IoT-взаимодействия друг с другом и с окружающей IoT-образовательной средой в условиях обработки слабо формализованной IoT-информации [17-20].

Список литературы

1. Зимина, А. Е. Технология разработки информационной модели профилактики социального манипулирования молодежью со стороны неформальных общественных организаций с использованием нотации IDEF0 / А. Е. Зимина, Г. В. Абрамян // Современное программирование. – 2019. – С. 42-46.

2. Мынбаева, А. К. Обзор новейших теорий образования: Педагогика 2.0, Образование 3.0 и Хьютагогика (Эвтагогика) / А. К. Мынбаева // Вестник Казахского национального университета. Серия Педагогические науки. – 2019. – Т. 61. – № 4. – С. 4-16.

3. Сафиуллин, А. Р. «Умный город»: ключевые характеристики в условиях четвертой промышленной революции / А. Р. Сафиуллин, А. А. Александров // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы. Труды научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией А. В. Бабкина. – 2018. – С. 69-80.

4. Абрамян, Г. В. Вербальные, визуальные и паралингвистические невербальные компоненты high-hume/high-tech цифрового управления

подготовкой выпускников вузов с учетом региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и синтаксических конструкций и форм организации it-коммуникаций / Г. В. Абрамян // Современное программирование. Нижневартовск, 2021. – С. 261-266. – DOI: 10.36906/AP-2020/51

5. Абрамян, Г. В. HIGH-HUME методология и алгоритмы реализации HIGH-TECH управления контурами естественнофизиологических, электронноцифровых и гибридных интерфейсов формирования профессиональных компетенций выпускников вузов / Г. В. Абрамян // Современное программирование. Нижневартовск, 2021. – С. 255-260. – DOI: 10.36906/AP-2020/50

6. Савельев, С. Д. Информационная модель распределенной автоматизированной информационной системы кадрового учета в финансовом университете при Правительстве РФ на основе удаленного вызова процедур «Тонкий клиент» / С. Д. Савельев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 218.

7. Борисова, С. А. Методика оптимизации информационной системы «Электронный дневник учащегося» основе интеграции сервис-модулей: «Sms-оповещения», «Напоминания», «Библиотека» / С. А. Борисова, Г. В. Абрамян // Современные проблемы развития техники, экономики и общества. – 2017. – С. 43-45.

8. Шагай, М. А. Современные тенденции и особенности управления качеством обучения в системе среднего образования Ленинградской области в информационной среде / М. А. Шагай, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 125.

9. Кицела, К. И. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела, М. А. Соколов, Р. Д. Тенишев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 92.

10. Жедигеров, Д. Ж. Система учебной навигации студентов и преподавателей университета на основе спутниковой системы GLONASS и облачных сервисов NAVITEL / Д. Ж. Жедигеров, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 213.

11. Шумкова, И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет-ресурса «СПБ ГИПИСР» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян

// Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 100.

12. Ситдиков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков, И. Ю. Буснюк, Е. О. Тупий, Г. В. Абрамян / Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

13. Янкевичус, А. А. Система оптимизации штатов на основе дифференциации сотрудников технических служб сервиса и консультирования пользователей персональных компьютеров в педагогическом университете / А. А. Янкевичус, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 126.

14. Kopyltsov, A. V. Algorithm of estimation and correction of wireless telecommunications quality / A. V. Kopyltsov, A. G. Kravets, G. V. Abrahamyan, G. R. Katasonova, A. D. Sotnikov, A. M. Atayan // 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA). – 2018. – P. 1-4. – DOI: 10.1109/IISA.2018.8633620

15. Копыльцов, А. В. Оценка качества программного обеспечения / А. В. Копыльцов // Институт информатизации образования (Северо-Западный филиал); Ленинградский государственный областной университет им. А.С. Пушкина. Санкт-Петербург, 2000.

16. Кусаинова, А. С. Инструменты и методы оценки функционирования IT-инфраструктуры высшего учебного заведения / А. С. Кусаинова // Вестник университета Туран. – 2016. – № 4 (72). – С. 297-300.

17. Абрамян, Г. В. Формирование профессиональных компетенций выпускников вузов в цифровой HIGH-HUME образовательной среде на основе HIGH-TECH суггестивнолингвистического анализа и управления профессиональной деятельностью, коммуникациями и контентом учебных каналов / Г. В. Абрамян // Современное программирование. Нижневартовск, 2021. – С. 251-254. – DOI: 10.36906/AP-2020/49

18. Гладилина, И. П. Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт / И. П. Гладилина, И. Г. Ермакова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 3. – С. 8-12.

19. Копыльцов, А. А. / Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 32-36.

20. Копыльцов, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и их роль в современном образовании / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2020. – Т. 1. – С. 320-322.

О лабораторной работе по моделированию частотной зависимости внутреннего трения при колебаниях дислокационного сегмента

В. В. Дежин, email: viktor.dezhin@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Приведен пример лабораторной работы для студентов материаловедческих специальностей. В лабораторной работе с помощью компьютерной графики исследованы зависимости динамических характеристик дислокационного сегмента от частоты колебаний и длины дислокационного сегмента, построены графики частотной зависимости внутреннего трения при колебаниях дислокационного сегмента в диссипативной среде с учетом нелокальности динамических характеристик. Рассмотрены случаи жесткого закрепления дислокационного сегмента на точках фиксации и упругого взаимодействия сегмента дислокации с точками фиксации.*

Ключевые слова: *Лабораторная работа, моделирование, колебания дислокационного сегмента, эффективная жесткость, эффективная масса, внутреннее трение.*

Введение

Рассматриваемая лабораторная работа является продолжением комплекса лабораторных работ, разработанных для студентов материаловедческих специальностей (например, работа, обсужденная в статье [1]). Цель данной лабораторной работы – ознакомить студентов с новыми результатами теории внутреннего трения (ВТ), дать наглядное представление о зависимости динамических характеристик дислокационного сегмента от частоты колебаний и длины дислокационного сегмента (нелокальность динамических характеристик), научить строить графики частотной зависимости ВТ.

Известно [2], что метод ВТ может быть использован для решения многих металловедческих и металлофизических задач. В частности, ВТ может предоставить интересную информацию о дислокационной структуре. Оно зависит от частоты колебаний и имеет резонансный дислокационный максимум. Резонансные максимумы появляются на высоких частотах ~10^7-10^{11} Гц. Их описание основано на теории Келера-Гранато-Люкке (К-Г-Л) [3, 4]. В этой теории предполагалось, что эффективная масса и эффективное натяжение дислокации постоянны. На

© Дежин В. В., 2022

основе этой теории рассчитано ВТ и исследована его частотная зависимость [5]. Но, как отмечено в работах [6-9], эффективная масса и эффективное натяжение не являются локальными характеристиками дислокации. Оценки, сделанные в [6, 7], показали, что эти величины логарифмически зависят от характерной длины дислокации. В последующие годы было проведено дальнейшее развитие теории дислокационного ВТ. Отметим здесь работы [10-13]. В статье [14], используя результаты работ [15, 16], установлена нелокальность динамических характеристик дислокационного сегмента и их зависимость от расстояния между дислокацией и точками закрепления. В рассматриваемой лабораторной работе на основе результатов работы [14] и общей формулы из [17] проведено компьютерное исследование динамических характеристик и ВТ в зависимости от частоты колебаний и длины дислокационного сегмента. Также исследована зависимость ВТ от расстояния между дислокацией и точками закрепления.

1. Жесткое закрепление сегмента дислокации на точках фиксации

Из результатов работы [14] получены выражения для динамических характеристик дислокационного сегмента: C – эффективной жесткости и M – эффективной массы

$$C = \frac{\mu b^2}{4\pi}\left(1 + 2\gamma \ln\frac{q_m l}{2\pi}\right), \qquad (1)$$

$$M = \frac{\rho b^2}{4\pi}\frac{5}{6}(1+\gamma^2)\left[\ln\frac{c_t q_m}{\omega} - \frac{\gamma^2}{2}\ln\gamma + \frac{1}{5}\ln\frac{q_m l}{2\pi} - \frac{1}{20}(1+3\gamma^2)\right]. \qquad (2)$$

Здесь μ – модуль сдвига, b – краевая компонента вектора Бюргерса дислокации, $\gamma = c_t^2 / c_l^2$, c_t и c_l – скорости поперечных и продольных звуковых волн, q_m – максимальное волновое число, l – длина дислокационного сегмента, ρ – плотность вещества кристалла, ω – частота. Из формул (1) и (2) видно, что эффективная жесткость и эффективная масса дислокации не являются постоянными как в модели К-Г-Л, а зависят от длины сегмента и частоты колебаний. С целью наглядного представления этих зависимостей в лабораторной работе строятся соответствующие графики для различных металлов (по вариантам). На рис. 1-3 приведены зависимости для кристалла алюминия с параметрами: $\mu = 2{,}65 \cdot 10^{10}$ Па, $b = 2{,}86 \cdot 10^{-10}$ м, $c_t = 3130$ м/с, $c_l = 6400$ м/с, $\rho = 2700$ кг/м^3; принято $q_m = 10^{10}$ м$^{-1}$.

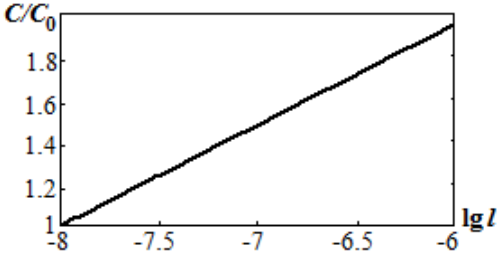
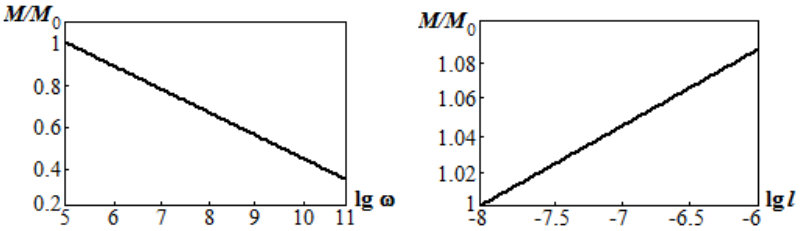


Рис. 1. Зависимость относительной эффективной жесткости дислокационного сегмента C/C_0 от логарифма длины дислокационного сегмента l, $C_0 = C\,(l = 10^{-8}$ м)



а б

а – $l = 10^{-7}$ *м*, $M_0 = M\ (\omega = 10^5\ Гц)$, *б* – $\omega = 10^9\ Гц$, $M_0 = M\ (l = 10^{-8}$ *м*)

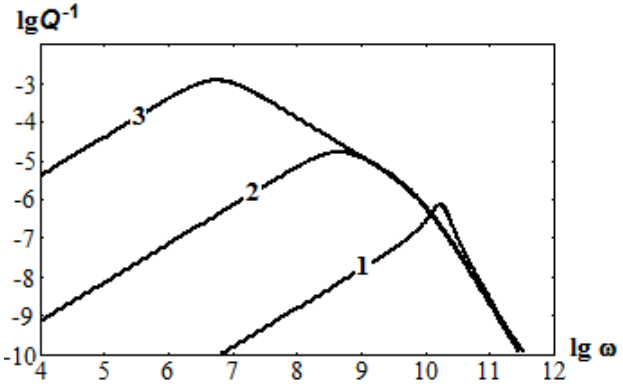
Рис. 2. Зависимости относительной эффективной массы дислокационного сегмента M/M_0 от логарифма частоты ω и от логарифма длины дислокационного сегмента l

При вычислении ВТ использована формула из [17] для потерь энергии за период колебаний и результаты работы [14]. Получена следующая расчетная формула:

$$Q^{-1} = \frac{5}{6}\frac{b^2 \rho_d \mu \theta \omega B}{\left(\frac{10}{l^2}C - \omega^2 M\right)^2 + \omega^2 B^2}, \qquad (3)$$

где ρ_d – плотность дислокаций, θ – ориентационный фактор, B – коэффициент торможения дислокации. На рис. 3 показана частотная зависимость внутреннего трения (3) для различных значений длины

дислокационного сегмента в предположении $\rho_d = 10^{10}$ м$^{-2}$, $\theta = 1$. Использовано значение $B = 1{,}4 \cdot 10^{-6}$ Па·с [18] для коэффициента электронного торможения дислокации в алюминии.



1 – $l = 10^{-8}$ м, 2 – $l = 10^{-7}$ м, 3 – $l = 10^{-6}$ м

Рис. 3. Зависимость внутреннего трения Q^{-1} от частоты ω в логарифмических координатах для различных длин сегмента дислокации:

2. Упругое взаимодействие сегмента дислокации с точками закрепления

В этом случае точки фиксации расположены на некотором расстоянии d от линии дислокации. Тогда, как следует из результатов работы [14], происходит перенормировка динамических характеристик:

$$C' = C\chi, \tag{4}$$

$$M' = \frac{\rho b^2}{4\pi}\frac{5}{6}(1+\gamma^2)\left[\ln\frac{c_t q_m}{\omega} - \frac{\gamma^2}{2}\ln\gamma + \frac{\chi^2}{5}\ln\frac{q_m l}{2\pi} - \frac{\chi^2}{20}(1+3\gamma^2)\right]. \tag{5}$$

Коэффициент торможения дислокации также перенормируется:

$$B' = B(5+\chi^2)/6. \tag{6}$$

В формулах (4)-(6) использован коэффициент χ, характеризующий силу упругой связи дислокации с точками закрепления. Если $\chi = 1$, то точки закрепления расположены на линии дислокации ($d = 0$) и мы

имеем случай жесткого закрепления дислокационного сегмента, при увеличении расстояния d коэффициент χ уменьшается.

Для ВТ в случае упругого взаимодействия дислокации с точками закрепления использована следующая формула:

$$Q^{-1} = \frac{5}{6} \frac{b^2 \rho_d \mu \theta \omega B'}{\left(\frac{10}{l^2} C' - \omega^2 M' \right)^2 + \omega^2 B'^2}. \qquad (7)$$

На рис. 4 представлены графики частотной зависимости внутреннего трения (7) для различных значений коэффициента χ.

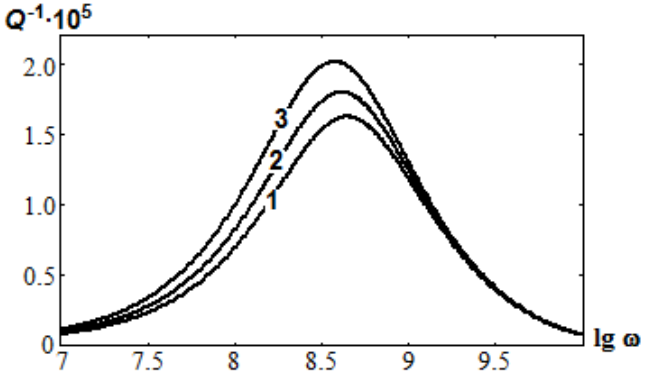


Рис. 4. Зависимость внутреннего трения Q^{-1} от логарифма частоты ω при $l = 10^{-7}$ для различных значений коэффициента упругой связи: 1 – $\chi = 1$; 2 – $\chi = 0{,}9$; 3 – $\chi = 0{,}8$

Заключение

В результате выполнения рассмотренной лабораторной работы получены следующие результаты:

– с увеличением длины сегмента дислокации эффективная жесткость значительно увеличивалась (рис. 1), а эффективная масса увеличивалась незначительно (рис. 2, б);

– с увеличением частоты эффективная масса значительно уменьшалась (рис. 2, а);

– с увеличением длины сегмента дислокации пик внутреннего трения увеличивался и смещался влево (рис. 3);

– основной эффект упругого взаимодействия дислокации с точками закрепления сводится к изменению эффективной жесткости (4);

– с уменьшением коэффициента упругой связи пик внутреннего трения увеличивался и смещался влево (рис. 4).

Автор надеется, что разработанная лабораторная работа позволит студентам материаловедческих специальностей лучше усвоить соответствующие разделы спецкурсов, изучить математические методы, освоить навыки компьютерного моделирования, а также будет полезна для дальнейшей профессиональной деятельности.

Отметим, что для построения графиков использовался пакет Maxima отличающийся простотой и доступностью.

Список литературы

1. Дежин, В. В. О лабораторной работе по моделированию диаграмм трехфазного равновесия с эвтектикой / В. В. Дежин // Матер. XVII Междунар. научно-методич. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии». Т. 5: VIII Школа-конф. «Информатика в образовании» (Воронеж, 9-10 февраля 2017 г.). – Воронеж: Издат. дом ВГУ, 2017. – С. 180-184.

2. Метод внутреннего трения в металловедческих исследованиях / М. С. Блантер [и др.] – М. : Металлургия, 1991. – 248 с.

3. Koehler, J. S. The influence of dislocations and impurities on the damping and the elastic constants of metal single crystals / J. S. Koehler // Imperfections in Nearly Perfect Crystals. – New York : Wiley, 1952. P. 197-212.

4. Granato, A. V. Theory of mechanical damping due to dislocations / A. V. Granato, K. Lücke // J. Applied Physics. – 1956. – V. 27. – P. 583-593.

5. Granato, A. V. Application of dislocation theory to internal friction phenomena at high frequencies / A. V. Granato, K. Lücke // J. Applied Physics. – 1956. – V. 27. – P. 789-805.

6. Eshelby, J. D. The equation of motion of a dislocation / J. D. Eshelby // Physical Review. – 1953. – V. 90. – P. 248-255.

7. Косевич, А. М. Динамическая теория дислокаций / А. М. Косевич // Успехи физических наук. – 1964. – Т. 84, № 4. – С. 579-609.

8. Bross, H. Continuum theory and string model of moving dislocations / H. Bross, G. Stenzel // Physics Letters A. – 1967. – V. 25. – Is. 3. – P. 236-237.

9. Ninomiya, T. Eigenfrequencies in a dislocated crystal / T. Ninomiya // Fundamental aspects of dislocations theory. – New York : National Bureau of Standards. – 1970. – Special Publication 317. – V. 1. – P. 315-357.

10. Камаева, О. В. Амплитудно-независимое дислокационное внутреннее трение при случайных внешних воздействиях / О. В. Камаева,

В. М. Чернов // Физика твердого тела. – 2002. – Т. 44, вып. 9. – С. 1601-1608.

11. Красильников, В. В. Внутреннее трение солитонной модели дислокационной динамики в кристаллах / В. В. Красильников, С. Е. Савотченко, И. В. Удовенко // Известия Тульского государственного университета. Сер. Физика. – 2005. – № 5. – С. 71-79.

12. Churochkin, D. V. Low-temperature internal friction and thermal conductivity in plastically deformed metals due to dislocation dipoles and random stresses / D. V. Churochkin, S. Sahling, V. A. Osipov // Physical Review B. – 2005. – V. 72. – P. 014116.

13. Interaction between an elastic wave and a single pinned dislocation / A. Maurel [et al.] // Physical Review B. – 2005. – V. 72. – P. 174110.

14. Батаронов, И. Л. Динамические характеристики дислокации и дислокационное АНВТ / И. Л. Батаронов, В. В. Дежин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – Т. 2, № 8. – С. 15-18.

15. Батаронов, И. Л. Влияние центров пиннинга и рельефа Пайерлса на обобщенную восприимчивость дислокаций в реальных кристаллах / И. Л. Батаронов, В. В. Дежин, А. М. Рощупкин // Известия Российской академии наук. Сер. физическая. – 1993. – Т. 57, № 11. – С. 97-105.

16. Батаронов, И. Л. Функция отклика дислокации, взаимодействующей с точечными дефектами / И. Л. Батаронов, В. В. Дежин, А. М. Рощупкин // Известия Российской академии наук. Сер. физическая. – 1995. – Т. 59, № 10. – С. 60-64.

17. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Т. V. Статистическая физика. Ч. 1. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2002. – 616 с.

18. Hikata, A. Interaction of dislocations with electrons and with phonons / A. Hikata, R. A. Johnson, C. Elbaum // Physical Review B. – 1970. – V. 2. – P. 4856-4863.

Геоинформационное моделирование или новые компетенции учителя географии

А. М. Измайлова, email: izmajlova.2012@mail.ru [1]
М. А Гамуева, email: 89518510895@mail.ru [2]

[1] ФГБОУ Воронежский государственный университет
[2] МБОУ СОШ № 29

Аннотация. *В данной статье рассматриваются основные вопросы необходимые для повышения квалификации учителей географии и информатики, использующих в своей работе геоинформационные системы. В сравнении с предыдущими технологиями в образовании наука информатика стала важным связующим звеном в области интеграции с другими дисциплинами и география не исключение. В заключении особое внимание уделяется актуальности ИКТ в современной обстановке на уроках географии.*

Ключевые слова: *геоинформационное моделирование, геоинформатика, информация, информационные технологии, принятие решений.*

Введение

По мнению Зайцевой Н. М., эксперта в области геоинформационных технологий, «обучающийся кроме знаний по предмету, должен владеть умениями в области применения современных технологий на практике» [1]. При этом необходимо подчеркнуть, их цель – повысить эффективность процесса обучения для всех форм организации учебной деятельности. Актуальность нашей работы определяется тем, что в настоящее время пристального внимания требуют вопросы постановки и организации демонстрационного эксперимента по географии с применением обновленных информационных комплектов. Поскольку большинство книг и атласов по данной тематике уже не соответствует современным Интернет-ресурсам.

Именно так мы заинтересовались темой использования технических средств и программного обеспечения в образовательном процессе во время прохождения географической практики на своих уроках. Результат беседы с педагогами, пожелания учеников школы позволили убедиться в том, что осуществлять педагогическую деятельность с современным техническим оснащением кабинетов географии дело непростое. Однако, используя в своей практике кабинеты информатики, как помощь

© Измайлова А. М., Гамуева М. А., 2022

информационные лаборатории цифровой среды доказали одно, что это намного повышает заинтересованность к урокам и их многозадачность.

1. Геоинформационное моделирование или новые компетенции учителя географии

Интересная и довольно объемная проблема сложилась вокруг наук, занимающихся земными и социальными знаниями, так называемый «информационный взрыв», иными словами, потребность в информации такого рода возросла. Конечно, в этом контексте роль интеграции информатики и географии, обусловлена развитием новых технологий, которые действуют по всему миру: Google Maps, Google Earth и другие ГИС.

Подробнее остановимся на геоинформационных технологиях (ГИС) – это своего рода, совокупность информационных систем, обеспечивающих сбор и хранение, а также обработку и распространение пространственных координат [2]. В том случае, когда те или иные материалы об объекте имеют точную координатную привязку, говорят, что объект имеет описание в пространстве и он должен изучаться методами и средствами геоинформационного моделирования (геоинформатики). Геоинформатика, в этом контексте, новая и довольно перспективная наука. Наиболее удачное определение – это геоинформатика, как новая область науки, позволяющая формализовать и реализовать в машинной среде операции накопления, хранения и визуализации пространственных данных с помощью средств ГИС.

В нашем случае мы использовали на уроках программу MAP Info Professional, где пользовались возможностями данного приложения, через построение диаграмм, графиков и проведение различного рода магистралей. Карты в буквальном смысле слова оживают, становясь объемными и интересными [3]. Приложение MAP Info Professional позволяет не просто смоделировать конструкцию карты, но и выстроить и посчитать расчеты и координаты очень легко и просто.

Функции MAP Info Professional:

1. Программа позволяет хранить информацию обо всех видах карт в векторном или растровом изображении.

2. Трехмерная графика делает объем карт ярче и интереснее, контакт ребенка с такими изображениями позволяет оставить огромное впечатленье на всю его жизнь.

3. Любые данные можно выстроить самостоятельно и довольно легко вывести их на печать.

4. «Учись, играя!» Этот лозунг именно про это приложение, пользователь может, изменяя интерфейс и модифицируя приложение совершенствовать свои знания в программировании (язык Map Basic).

5. Раскрашивай и называй столицы в том порядке в каком ты хочешь, как юный картограф. Отличная новость для пользователей в данном приложении появились много новых цветов и свои линии, которых нет в бумажных атласах.

Обозначив проблему, как использование в своей работе новых технологий, можно сделать следующий вывод: в современных реалиях проблема решается довольно интересно и легко с помощью ИКТ-компетенций, которые от всех учителей требует ФГОС [4]. Именно ГИС моделирование позволяет решить данную проблему, несформированности информационной компетенции в реалии. Моделирование – это не просто построение карт 3D реальности, а еще и качественное решение в создании графического комплекса нового вида атласов местности.

Теперь используя в своей работе информационные компетенции, будущий учитель географии может внедрять геоинформационные карты, создавать электронные атласы для зондирования, модернизировать внедрение ГИС технологий, проецировать мультимедиа технологии в своей работе и добавлять экспериментальные данные в выстраивании пути домой по картам собственного творчества. Именно ГИС так или иначе позволяет раскрыть эти компетенции, с помощью реализации их на практической основе в виртуальной среде [3,5].

В настоящее время специалист, который выходит на новый уровень знаний, в области ГИС моделирования должен обладать навыками профессиональной мобильности, быстро реагировать на любые изменения в практической и исследовательской деятельности. Информационная культура учителя географии включает теперь разработку и формирование собственных компетенций в области методологии и методики развития профессиональных технологий. ГИС моделирование – это разработка модели земли по своим меркам и своим канонам, которые есть у каждого ученика в его творческих навыках. Юный картограф может создавать и развиваться в направлении географических систем, зондировании почвы, использовании электронных атласов собственного использования.

Информатика позволяет реализовать целостный образ на проекты в области Земли и проектировании местности. И, конечно, не нужно забывать, что в основе данного функционала лежит приложение MAP Info Professional.

Заключение

Работа ведущих специалистов-географов также не обходится без применения современных технических средств. На фронтальных занятиях с воспитанниками активно используются атласы тренажеры.

Они состоят из специализированного поля, к которому подключены планшеты высокой мощности, на которых возможно изображать разного рода объекты. Основная функция тренажеров состоит в развитии географического восприятия и отработке информационного моделирования карты. Это оборудование производит качественный и глубокий анализ, что позволяет детям делать выводы и проводить анализ собственных измерений, развивать умение создавать свои карты и взаимодействовать с педагогом с большим пониманием.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что информационно-коммуникационные технологии представляют собой неотъемлемую часть работы со школьниками, имеющими проблемы в географии и информатике. Их активно используют педагоги для обеспечения наглядности во время проведения индивидуальных и групповых занятий. Роль современных технических средств очень велика, потому что они позволяют дать детям намного больше информации, представить ее ярче, доступнее и понятнее. А это, в свою очередь, чрезвычайно ценно и для детей, которые в силу своих особенностей, лишены одного из способов познания мира.

Список литературы

1. Зайцева, Н. М. Теоретические основные геоинформационной системы / Н. М. Зайцева, А. А. Тайлаков // Научный журнал. – 2021. – № 5 (60). – С. 8-16.

2. Исматова, Х. Р. Роль геоинформационной экспертной системы в задачах интерпретации аэрокосмической информации / Х. Р. Исматова // Интерактивная наука. – 2021. – № 2 (57). – С. 48-52.

3. Курагин А. В. Разработка и анализ методов проектирования геоинформационных систем / А. В. Курагин, А. Н. Колесенков, Б. В. Костров // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – № 9. – С. 283-287.

4. Хазратов, Ф. Х. Геоинформационные системы и информационная культура учителя географии / Ф. Х. Хазратов // Вестник науки и образования. – 2020. – № 22–2 (100). – С. 33-36.

5. Khazratov, F. Methods of creation and organization of work [Электронный ресурс] / F. Khazratov, Kh. Juraev // Technology for creating auto-navigation maps. – Режим доступа: http://www.jcreview.com/?mno=9704

Учебный кроссплатформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ

Н. Н. Коннов, email: knn46@mail.ru
А. И. Пчелинцев
В. Д. Федулов
А. С. Бычков

Пензенский государственный университет

Аннотация. *Приводится описание кроссплатформенного эмулятора 16-разрядной ЭВМ с микропрограммным управлением, предназначенной для изучения функционирования и проектирования микропроцессорных систем на микропрограммном уровне в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника».*

Ключевые слова: *эмулятор, процессор, микропрограмма, кроссплатформенность.*

Введение

Подготовка современного специалиста в области вычислительной техники предполагает изучение архитектуры процессоров на двух уровнях [1]:

– ассемблерном, когда особенности функционирование процессора можно изучать по правилам использования программнодоступных регистров и ячеек оперативной памяти на реальной аппаратной платформе с применением стандартных средств низкоуровневого программирования;

– микропрограммном, когда надо рассматривать особенности имплементации команд процессора, реализуемой как последовательность межрегистровых передач (фазы выборки и дешифрации команд, выборки операндов, исполнения команды, записи результата и др.).

Поскольку микропрограмма исполняется внутри кристалла современного процессора, то студент лишен возможности ее контролировать или изменять. Поэтому для изучения функционирования процессора на различных фазах исполнения команд, а также для освоения навыков проектирования микропрограмм, возникает необходимость создания программ – эмуляторов процессоров на микропрограммном уровне.

© Коннов Н. Н., Пчелинцев А. И., Федулов В. Д., Бычков А. С., 2022

На кафедре вычислительной техники ПГУ были разработаны и активно применяются в лабораторном практикуме и курсовом проектировании DOS и Windows версии программных эмуляторов шестнадцатиразрядного процессора с микропрограммном управлением, использующего логическую организацию некогда популярного разрядно-модульного комплекта серии К1804 [2-4].

Эмуляторы состоят из программно-логических моделей универсального шестнадцатиразрядного микропрограммируемого процессора с разрядно-модульной организацией, шириной выборки шестнадцать разрядов, а также компоненты графического интерфейса.

Использование программы эмулятора в лабораторном практикуме и курсовом проектировании дисциплин, связанных с изучением архитектуры, позволяет студентам разрабатывать различные алгоритмы выполнения арифметических операций с фиксированной и плавающей точкой, выполнять микропрограммную имплементацию шестнадцатиразрядных ЭВМ с различной процессорной архитектурой (наиболее просто реализуется архитектура PDP-11).

Средством графического описания работы микропрограммируемых устройств являются диаграммы микропрограммной логики (ДМЛ). Разработка и отладка микропрограмм процесс весьма трудоемкий, что затрудняет ручное кодирование микропрограмм, представляющих собой последовательность 64-разрядных двоичных кодов. Для автоматизации подготовки ДМЛ был создан специализированный графический редактор, работающий в среде Microsoft Visio 7/10/13, который представляет собой набор встроенных в шаблон документа Visio макросов, форм и библиотеку фигур на языке VBA [5]. Редактор обеспечивает документирование микропрограмм для учебной микроэвм с учетом всех требований к оформлению, а также непосредственно генерирует файл код микропрограммы, который пользователь затем переносит в эмулятор.

Принятые правительственные решения о переходе органов власти и бюджетных учреждений, в т.ч. и ВУЗов, на импортозамещение используемого ПО заставляет вести работу по переводу учебных программ на отечественное либо свободно распространяемое ПО. Поэтому авторами была разработана н кроссплатформенная версия эмулятора микропрограммируемой ЭВМ «Такт 3» [6].

В настоящем докладе представляется доработанная версия эмулятора «Такт 4», которая интегрирована со специализированным графическим редактором ДМЛ, что позволяет не только сохранить существующие методические разработки при отказе от любых продуктов Microsoft, но снизить трудоёмкость отладки сложных микропрограмм.

1. Описание эмулятора микропрограммируемой ЭВМ

Рабочие окна программы представлены на рисунке 1

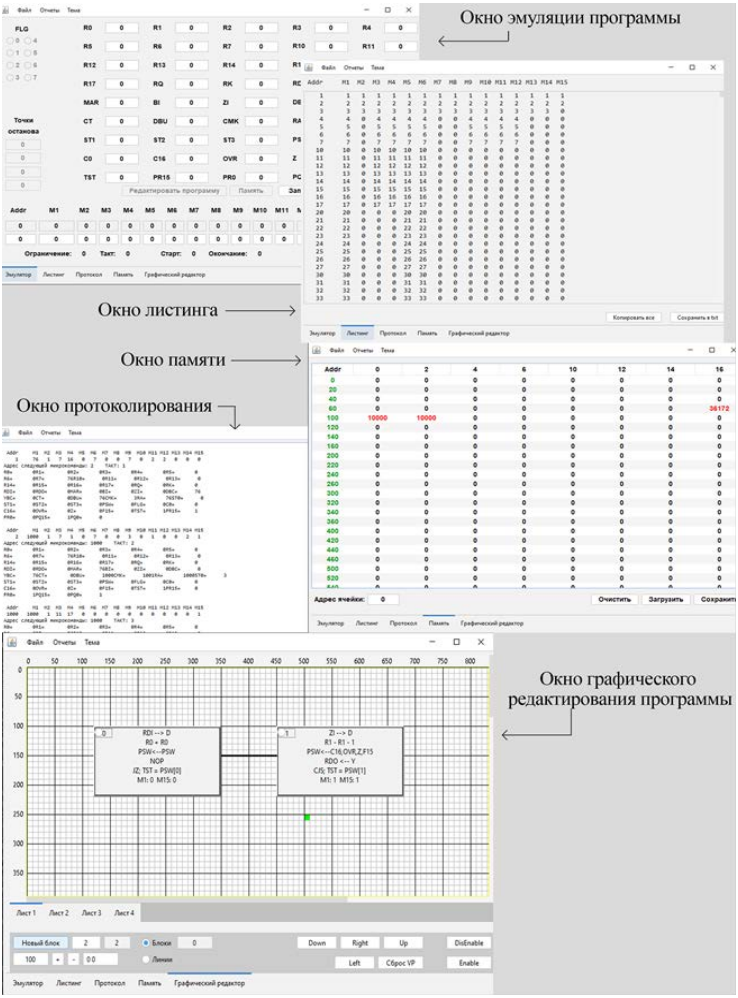


Рис. 1. Рабочие окна программы

Главный экран содержит поля регистров и флагов процессора, для отслеживания текущей информации в них. При необходимости информацию в них можно изменять вручную.

Меню состоит из следующих пунктов: Файл включает в себя функции сохранения и загрузки программы; пункт Отчеты содержит окна необходимые для составления отчета по выполненной программе – Протокол и Листинг; пункт Тема позволяет выбрать пользователю интерфейс.

Ниже располагаются кнопки управления программой: редактирование полей микрокоманды МК1 – МК15, оперативной памяти, запуска и отладки микропрограммы в автоматическом режиме, отладки в потактовом режиме.

Слева располагаются блок для ручной установки флагов FLG, подаваемых в процессор от внешней аппаратуры (готовности оперативной памяти и периферии, прерывания, останова и др.), блок добавления точек остановы. В самом низу выводится информация о выполненной микрокоманде и микрокоманде, которая будет выполняться следующим тактом. т внешней аппаратуры (готовности ОП и периферии, прерывания, останова и др.), блок добавления точек остановы.

В нижней части главного окна выводится информация о выполненной микрокоманде и микрокоманде, которая будет выполняться следующим тактом.

Окно работы с памятью выводит содержимое оперативной в виде таблицы и содержит кнопки очищения памяти, сохранения и загрузки. При наведении на любую ячейку таблицы внизу будет выведен ее адрес, так же если адрес известен заранее введя число в данную ячейку можно произвести поиск.

Окно запуска отвечает на настройку начальных параметров. Имеет поля для ввода адреса начала и окончания моделирования, задания количества тактов моделирования. Размеры памяти микрокоманд могут быть установлены 256, 512, 1024, 2048, 4096 микрокоманд, что позволяет реализовывать весьма сложные микропрограммы.

В окне протоколирования выводится информация о выполненной МК и текущей информации, хранящейся в регистрах.

В окне листинга выведена каждая МК. Внизу располагаются кнопки копирования и сохранения в текстовом виде.

В верхней части окна графического редактирования микропрограммы расположена рабочая область в которой располагаются блоки ДМЛ, которая может иметь до 4 листов. (С помощью зажатой правой кнопкой мыши происходит перемещение по рабочему листу. Комбинация CTRL + колесико мыши масштабирует рабочую область.

Окна редактирования микрокоманды придавлены на рисунке 2.

Поля МК разнесены в разные вкладки по типу операций или их порядку выполнения.

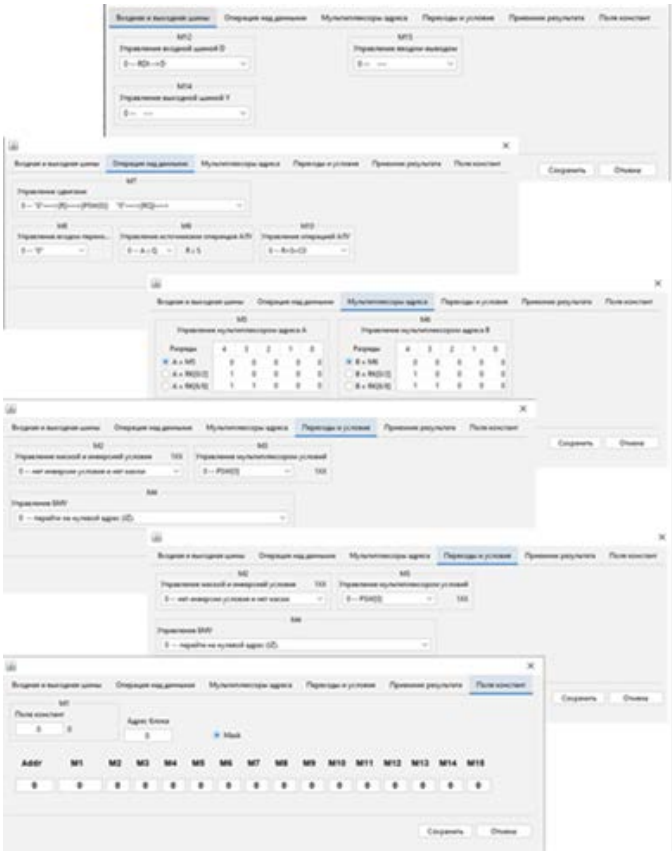


Рис. 2. Окна редактирования микропрограммы

2. Характеристика программной реализации эмулятора

Для реализации поставленных задач был выбран объектно-ориентированный язык программирования Java, отличительными особенностями которого является: платформонезависимость, архитектурная-нейтральность, интерпретированность, высокая производительность, динамичность и адаптируемость. Для реализации графического интерфейса был выбран набор графических компонентов Swing, который в Java является частью базового класса и не зависит от платформы, используется для создания оконных приложений [7].

В данной программе реализовано двенадцать основных классов, каждый из которых отвечает за свою область в программе и имеет индивидуальный набор методов.

iTact – класс, реализующий окно эмулятора. Главный класс, с которого начинается выполнение программы, создает объекты других пользовательских классов и обеспечивает взаимодействие между ними.

Поля данного класса: объекты классов Listing, EditPzu, Protocol, Gr1804 и поля, которые обеспечивают изменения внешних сигналов эмулятора, блокировку пользовательского интерфейса и форматированного ввода значений в регистры эмулятора.

Методы класса: main – это главный метод класса точка входа в приложение; конструктор класса, в котором инициализируются поля, создаются объекты классов, устанавливаются исходные значения регистров эмулятора. Также содержит методы, которые выполняют: установку блокировки и ее отключение на компоненты пользовательского интерфейса; вывод значений регистров на экран; вывод адреса старта и завершения отладки, а также ограничения количества тактов; установку точки останова и цветовой темы приложения; обновление данных регистров, перед запуском эмуляции; подготовку данных к выполнению микрокоманд; запуск отладки; сохранение микропрограммы в файл; чтение микропрограммы в массив из файла.

Gr1804 – класс, реализующий программно-логическую модель микропроцессора и взаимодействие основного класса с ядром. Поля: t – объект класса Tact. Методы класса: в конструкторе класса инициализируется объект t класса Tact и устанавливает начальные значения для эмулятора микропроцессора. Содержит методы, которые выполняют: извлечение микрокоманды из массива микрокоманд; сброс регистров микропроцессора в исходное значение; эмуляция микропроцессора; сохранение адреса текущей команды; проверка на совпадение с адресом завершения или с точками останова; проверка количества тактов моделирования; выполнение эмуляции в классе Tact; возвращение результата моделирования.

Tact – класс, реализующий ядро микропроцессора. Полей данный класс не содержит. Методы класса выполняют преобразование типов данных, арифметические и логические операции, формирование флагов, обработку определённых битов, а также определяют уровень команды и эмулируют работу блока микропрограммного управления и блока обработки данных

Protocol – класс, реализующий протокол отладки микропрограммы. Поле класса – счетчик тактов для протокола. Методы класса выводят

начальную информацию об отладке в текстовое поле, сохраняют очередную микрокоманду и состояние регистров в текстовое поле.

Listing – класс, реализующий листинга микропрограммы. Полей данный класс не содержит. Методы данного класса выводят начальную информацию об отладке в текстовое поле, сохраняют очередную микрокоманду и состояние регистров в текстовое поле

MemoryForm – класс, реализующий эмулятор оперативной памяти ЭВМ в виде таблицы, с возможностью редактирования, сохранения и загрузки. Поля данного класса – модель таблицы, с помощью которой происходит изменение значений в ячейках, а также их проверку на допустимые значения. Методы данного класса выполняют инициализацию компонентов формы, получение модели таблицы и установка шрифтов и цветовой темы, вывода в таблицу данных ячеек памяти, установку значений ячеек по умолчанию и очищение всех ячеек, сохранение в файл и загрузка из файла данных таблицы памяти. Также реализованы методы для получения значения из ячейки памяти и для записи значения в ячейку памяти по указанному адресу по указанному адресу.

Anketa – класс, реализующий вывод микрокоманды, с возможностью ее редактирования и сохранения. Методы этого класса реализуют работу компонентов интерфейса.

Block – класс, реализующий отображение графического элемента и его функционал. Методы данного класса реализуют вывод координат и текста в блоке, масштабирование и размещение блоков в рабочем пространстве, так же формируют текст для дальнейшего размещения.

JLayeredPaneTest – класс, реализующий рабочую область графического редактора. Методы данного класса прорисовывают фоновую сетку, корректно располагают блок в рабочем пространстве, масштабирование рабочего пространства, отвечает за корректировку координат при масштабировании. Так же в данный класс отвечает за добавление блока в рабочее пространство, его размер и сохранение пропорций при масштабировании.

Line – класс, отвечающий за хранения координат линии сетки.

Rect – класс, отвечающий за хранение координат квадратов и их размеры.

Visio – класс, включающий основные компоненты графического редактора и их обработку. Методы данного класса формируют начальные настройки при добавлении нового блока, отвечает за перемещение по рабочей и сохранение программы в память при переключении вкладки. После описания и проверки данных переходим к фазе подготовки данных. При выполнении различных команд основная цель

отформатировать набор данных, привести его к окончательному виду, чтобы в дальнейшем построить качественный анализ.

Программа эмулятора разработана в пакете NetBeans 12.2 [8] и может исполнятся в операционных средах Windows 7/8/10 и Linux Ubuntu/Astra/Альт Образование/Manjaro с установленной средой выполнения Java Runtime Environment (версия не менее 1.8.0). Требуемый объём оперативной памяти не менее 256 Мбайт, размер программы – 5 Мбайт. Программа получила государственную регистрацию.

Заключение

Программа прошла апробацию в учебном процессе. Её дальнейшее развитие п будет направлено на улучшение графического редактора, сохранение графического представления ДМЛ в формате PDF, оптимизацию программного кода.

Список литературы

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум – СПб. : Б Питер, 2018. – 816 с.

2. Гурин Е. И., Коннов Н. Н., Механов В. Б. Проектирование процессора ЭВМ на секционированных микропроцессорных БИС: Методические указания к курсовому проектированию [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/316/66316

3. Коннов, Н. Н. Учебный программный эмулятор ЭВМ с микропрограммным управлением / Н. Н. Коннов, С. Е. Филин, П. П. Вирясов, К. О. Барабаш // Университетское образование (МКУО–2014): сб. ст. XVIII Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 200-летию со дня рождения М. Ю. Лермонтова (г. Пенза, 10–11 апреля 2014 г.) // под ред. А. Д. Гулякова, Р. М. Печерской. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. – 183-184 с.

4. Коннов, Н. Н. Программный симулятор ЭВМ с микропрограммным управлением / Н. Н. Коннов, Н. В. Исхаков, Д. А. Прокуров // Актуальные вопросы современной науки: теория и практика научных исследований : сб. науч. ст. II Всероссийской научно-практической конференции (Пенза, 1-15 ноября 2018 г.) – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-тет., 2018. – С. 24–27.

5. Коннов, Н. Н. Модернизация учебного программного обеспечения по курсу ЭВМ и периферийные устройства / Н. Н. Коннов, А. П. Любезнов, М. Ю. Новиков, И. В. Янович // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. III ежегодной межвуз. студ. науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 72-73.

6. Коннов, Н. Н. Кросс-платформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ / Н. Н. Коннов, А. И. Пчелинцев, В. Д.

Федулов, О. В. Юрова // Сборник научных статей по материалам XVIII Международной научно-технической конференции Новые информационные технологии и системы (НИТиС-2021). – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-тет. – 2021. – С. 33-37.

7. Шилдт, Г. Java 8. Полное руководство / Герберт Шилдт; – М.: «Питер». Вильямс, 2015. – 816 с.

8. Монахов, В.В. Язык программирования Java и среда NetBeans: [учеб. пособие] / В.В. Монахов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 703 с.

Секция 4
Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии

Риски, проблемы и потенциальные угрозы цифровизации и персонализации образования в условиях цифровой экономики

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [1,2]

[1] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

[2] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В статье рассматриваются современные проблемы, риски и потенциальные угрозы цифровизации и персонализации образования в условиях цифровой экономики. Для организации безопасного и эффективного электронно-цифрового персонального образования предлагается учитывать весь комплекс воздействующих на обучаемых неблагоприятных факторов. При формировании персональной образовательной и цифровой среды компьютерным и ИКТ-оборудованием предлагается учитывать современные отечественные и лучшие зарубежные медико-технические и санитарно-гигиенические требования и рекомендации.*

Ключевые слова: *персонализация образования, цифровизация образования, риски, проблемы, потенциальные угрозы, медико-технические требования, санитарно-гигиенические рекомендации.*

Введение

Цифровизация и персонализация образования в РФ и за рубежом предполагает активное формирование и непрерывное поддержание адаптивных электронных учебных ресурсов, поддержания существующих LMS систем и развертывание перспективных LXP-систем персонализированного обучения с целью их обновления актуальным учебным контентом и персональными данными активностей обучаемых. [7] Для формирования и поддержания современного персонализированного учебного процесса и разработки цифровой персонифицированной модели обучения в зависимости от целей обучения предлагается: 1) непрерывно моделировать/проектировать обновления персональных предметных «облаков» учебного контента, 2) непрерывно выстраивать индивидуальные и групповые предметные пространства персонального учебного развития.

© Абрамян Г. В., 2022

1. Концепция персонализации электронно-цифрового образования в современных условиях

Моделирование и наполнение персонализированных предметных «облаков» учебного контента предполагает формирование источников агрегированных предметных данных, которые могут быть реализованы наборами инвариантных и вариативных слоев управленческой и учебной предметной информации. [18], [19], [23] Слои каждого облака предметного контента могут быть либо универсальными, ориентированными например, на общую подготовку учащихся/школьников, либо профильными, например ориентированными на подготовку академических, прикладных бакалавров/магистров/специалистов, учащихся лицеев, гимназий, техникумов, либо ориентированными на выполнение специализированных функций по формированию: 1) профессиональных компетенций – знаний, умений, навыков, 2) личных качеств, 3) творческих способностей, 4) «мягких» умений, например коммуникаций или проектной деятельности и пр. При этом для каждого слоя персонализированного предметного облака необходимо разрабатывать уровневые алгоритмы учебной работы, треки методической поддержки, режимы мониторинга и консультирования, методы коммуникаций и совместной работы, технологии учебной деятельности которые могут быть реализованы в виде наборов типовых/готовых учебно-методических систем, содержащих например обобщенный или персонализированный опыт обучения в различных условиях, опыт анализа путей и траекторий развития компетенций/навыков/знаний предыдущих сессий обучения. Мониторинг и управление персонализированными облаками предметного контента в каждом слое может осуществляется как вручную преподавателями/тьюторами на основе цифровых образовательных ресурсов, [13] систем учебной навигации студентов и преподавателей, мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями, [8, 10, 20, 22] так и автоматизировано, например на основе алгоритмов искусственного интеллекта (систем обработки слабо формализованной информации, машинного обучения, нейронных сетей, СППР и др.). [12, 14], [15, 17, 21].

Для поиска актуальной предметной информации, ее отбора, разработки гипертекстового и мультимедийного учебного контента, его размещения и систематизации с целью построения персонализированных облаков предметного контента и пространств индивидуального учебного развития на электронных LMS/LXP ресурсах преподавателям, в частности начинающим и неподготовленным предметных ИТ-пользователей требуются значительные усилия и время.

Ситуация осложняется и тем, что персонализация и цифровизация российского образования в настоящее время происходит в условиях продолжающейся пандемии. Многие преподаватели и обучаемые оказались не готовы к постоянной или периодической работе с электронными гаджетами, в LMS/LXP системах, у многих отсутствовало современное оборудование, программное обеспечение, не было доступа к современным высокоскоростным сетям передачи данных, что во многих регионах привело к дополнительным стрессам, трудностям, проблемам, значительно увеличило как риски работы и обучения, так и угрозы здоровью обучаемым, их родителям, учителям и ППС. [4], [5]

2. Проблемы, потенциальные угрозы и риски цифровизации и персонализации образования в условиях цифровой экономики

Электронно-цифровой персонализированный учебный процесс в LMS/LXP-пространстве индивидуального учебного развития предполагает, что значительное время преподаватели и обучаемые проводят за экранами компьютеров, гаджетов, электронных устройств, периферии, находятся в достаточно опасных для здоровья радиоэлектронных и магнитных полях, негативно воздействующих на людей, в частности, на мозговую деятельность, сознание, иммунитет обучаемых и преподавателей. [11]

Для оптимизации рисков и угроз цифровизации и персонализации образования в условиях цифровой экономики в LMS/LXP-пространстве и выстраивания адекватных и эффективных моделей высшего, профессионального и общего персонализированного образования, по нашему мнению, целесообразно учитывать проблемы, риски, угрозы и особенности воздействия цифровой среды прежде всего на особенности поведения, психофизиологические состояния, эмоции с учетом персональных когнитивных способностей.

Для построения эффективного цифрового персонализированного пространства обучения и разработки цифровой персонифицированной модели обучения предлагается учесть особенности, риски и угрозы электронно-цифровой среды, в том числе и для процессов мозговой деятельности, работы сознания/подсознания обучаемых и преподавателей:

1. электронных тактильных манипуляторов (проводных/беспроводных клавиатур, мышей, виртуальных шлемов, в том числе размещаемых на кожных покровах/в организме электронных датчиков/чипов и пр.),

2. электронных и цифровых гаджетов, смартфонов, интерфейсов и средств сетевой коммутации – источников радио-, электро-, магнитных полей. [2] Представляется целесообразным сравнить воздействие

электронно-цифровых и традиционных средств образования (рукописных, печатных, письменных и пр.) на особенности мозговой деятельности, формирования когнитивных, творческих, интеллектуальных способностей на основе построения модели психофизиологического и экологического воздействия цифровой среды на в целом на организм обучаемых. Результаты данного моделирования могут быть использованы для построения систем персонального мониторинга состояний обучаемых в процессе работы в цифровой среде.

Например, представляется целесообразным учитывать в цифровом обучении и работе ППС особенности поведения обучаемых и преподавателей в пространстве персонального учебного развития в случаях, когда их деятельность проходит, например, в нетиповой/стрессовой образовательной ситуации:

1. при работе в неустойчивой электронно-цифровой среде,
2. в условиях плохой связи,
3. недостаточных ИТ-компетенциях удаленных обучаемых,
4. недостаточных аппаратных ресурсах и пр. Предлагается учитывать, что в цифровом обучении и работе ППС зачастую возникают ситуации нормативного дублирования рабочих процессов, документооборота (как электронного так и традиционного), что приводит к дополнительному дефициту времени и ресурсов. В условиях цифровой экономики непрерывно оптимизируются/сокращаются временные интервалы и нормативы рабочих процессов, увеличиваются объемы работ и отчетность, в условиях конкуренции непрерывно сокращаются сроки выполнения работ по сравнению с традиционными/сложившимися режимами обработки информации, данных человеческим мозгом (рукописная, письменная информация и данные). В электронно-цифровом обучении и работе ППС непрерывное увеличение потоков профессиональны и учебных данных, избыточное использование электронных средств ввода и обработки данных может привести к неуправляемым затруднениям, рискам и угрозам в развитии мозговой деятельности, например проявляющей в нарушении мозгового кровообращения, увеличения давления, частоты пульса, ухудшения зрения, общей моторики, координации движений как обучающихся, так и ППС. Как следствие у обучающихся и ППС могут возникать проблемы со здоровьем (стрессы, депрессии, мании, инсульты, инфаркты, суициды и пр.) в возможности реализации не только инновационной и творческой работы, но и функционально-исполнительской, в результате обучаемые и ППС могут все меньше и реже начинают заниматься традиционными видами деятельности, например реже и меньше использовать традиционные источники информации, читать классические

произведения/литературу/поэзию/прозу/исторические книги из традиционных и «образцовых» источников, заменяя это все чаще «вторичной» клиповой информацией или «перепостами» из социальных сетей, форумов и как следствие вместо процессов развития мозговой деятельности могут инициироваться процессы деградации сознания, когнитивного мышления и как результат со временем может произойти общее понижение возможностей в творческой деятельности. Для восстановления и периодической адаптации утраченных навыков обучаемых и ППС необходимо будет организовывать восстановительно-адаптационные мероприятия, например по изучению возможности освоения и использования техники развития когнитивных способностей, например письменной или электронной каллиграфии, которая по мнению экспертов способствует развитию творческих способностей, пространственного осмысления, предсказания результатов, внимательности, наблюдательности, воображения, физическое воплощения и пр.

В связи резким увеличением объемов обработки и «набора» электронных текстов и одновременным снижением необходимости писать вручную у обучаемых и ППС в цифровой среде повышаются риски снижения способностей зрительной памяти, которая достаточно важна для запоминания орфографических и пунктуационных правил, параллельно могут уменьшаться воображение, пространственное представление и пр. В связи с недостатком живого монолога/диалога/общения/коммуникаций у обучаемых и ППС и с отсутствием/недостатком обратной информации/реакции от преподавателя и других обучаемых обучаемые и ППС могут значительно медленнее и хуже по качеству формулировать собственные мысли и идеи. В результате у обучаемых и ППС может постепенно происходить снижение социально-коммуникативных умений и навыков, что может привести и к социальной разобщённости и к неумению найти общие интересы с другими обучаемыми и ППС, что будет способствовать формированию стереотипа индивидуального/регионального/глобального «цифрового» поведения у обучаемых, который закладываются достаточно рано и затем «проносится» на протяжении всей последующей личной жизни и далее профессиональной карьеры. Недооценка этих факторов в результате может привести к эмоциональной ограниченности, притуплении живых человеческих реакций и эмоций обучаемых и ППС. Как обучаемые так и ППС могут становиться все более апатичными, постепенно терять интерес к активной жизни, учебе, профессии, а в поведении напоминать функционально-запрограммированных примитивных исполнителей, чем «живых», творческих и инициативных

людей и социально активных граждан. При этом дальнейшее «погружение» в цифровую среду при неконтролируемом использовании гаджетов может привести либо: 1) к деградации сознания/ума/интеллекта, 2) к депрессивным состояниям, психосоматическим расстройствам, психическим срывам/заболеваниям/пограничным/неуправляемым состояниям/манифестациям признаков эпилепсии, скачкам давления, увеличению частоты пульса и в перспективе даже и к суициду, 3) к возможности относительно простой манипуляции сознанием и поступками обучаемых и ППС со стороны тех или иных цифровых злоумышленников. Данные процессы могут также крайне негативно сказываться на тех обучаемых, которым предстоит продолжать обучение на следующей профессиональной ступени, например в вузе, служить в российской армии и флоте, органах безопасности, строить семейные отношения, создавать семью, воспитывать детей и пр.

В процессе «погружения» и работы в цифровой персонализированной среде на обучаемых и ППС комплексно воздействует ряд неблагоприятных факторов, которые также необходимо учитывать в цифровой персонифицированной модели обучения: 1) воздействия на глаза светового излучения от экранов практически всех современных гаджетов и мониторов – прежде всего наиболее опасных синей и ультрафиолетовой составляющих, непрерывно разрушающих сетчатку глаз при работе, 2) воздействия разнообразных источников электромагнитного излучения (высокочастотного излучения антенн Wi-Fi, Bluetooth, сотовой GSM связи 3, 4, 5 поколений, процессоров, активных устройств, шин передачи данных и пр.) влияющих на нервную систему, работу мозга, сердца, сосудов и все другие внутренние органы организма в целом, как минимум, приводящих к повышенным эмоциональным нагрузкам и угнетению иммунной системы, 3) гиподинамии и малой подвижности обучаемых и ППС в процессе работы в цифровой среде, вызывающих в том числе недостаточное обеспечение кислородом мозговой деятельности, 4) повышенной нагрузки на органы зрения и нервную систему и как следствие ухудшение физического состояния и здоровья, 5) возникновения «пограничных» состояний, 6) социально-психологической «нормализации» и закрепления в сознании обучаемых и ППС неизбежности функциональных расстройств организма. Воздействие данных неблагоприятных факторов цифровой и антропогенной среды требует от обучаемых и ППС повышенных компенсаторных ресурсов и адаптационных резервов, средств и возможностей.

Заключение

Для разработки цифровой персонифицированной модели безопасного обучения в современных условиях предлагается: 1) провести сравнительное исследование качества традиционного и электронно-цифрового дистанционного/удаленного образования/обучения/услуг, 2) разработать российские отечественные, безопасные и защищенные технологии и интерфейсы цифрового HIGH-HUME управления и электронного распараллеливания традиционными и цифровыми образовательными процессами на основе учета персональных данных, [1] 3) учитывать риски цифрового/дистанционного образования, в том числе связанные со сбором персональных/личных данных, включая биометрию зарубежными несертифицированными в РФ электронными системами обучения, 4) при оказании безопасных образовательных услуг и развитии цифровых экосистем ориентироваться на необходимость соблюдения информационной личной безопасности субъектов и образовательных процессов, понимать и придерживаться приоритетов в вопросах сохранения и поддержания здоровья обучаемых и ППС, [3] 5) при разработке или закупке инфраструктуры компьютерного и ИКТ-оборудования (компьютеров, ноутбуков, планшетов, серверов, интерактивных панелей, мобильных телефонов, точек Wi-Fi связи, умных технологий и др.) необходимо строго учитывать современные отечественные и лучшие зарубежные медико-технические и санитарно-гигиенические требования и рекомендации к безопасности, 6) непрерывно проводить исследования безопасности обучаемых в цифровой среде с точки зрения определения количества обучаемых находящихся/переходящих в пограничные/опасные состояния, 7) проводить оптимизацию расходов на образование с учетом интересов безопасности обучаемых, ППС и здоровья нации, 8) проводить цифровой мониторинг не только того какой потенциально опасный/ безопасный учебный контент передается обучаемым, но что из этого контента было воспринято/услышано/запомнено обучаемыми, что поняли обучаемые. [6] В случае если обучаемые чего-то не поняли, то необходимо обязательно компенсировать недостаток знаний или ограничивать доступ к потенциально опасному контенту, 9) проводить мониторинг и оценку безопасного платного и открытого/свободного цифрового образовательного контента и безопасных систем электронного обучения, [9] 10) организовать непрерывную подготовку ППС для работы в потенциально опасной цифровой среде, [16] 11) учитывать расходы/доходы на цифровые образовательные услуги с учетом возможных рисков для здоровья конкретных субъектов и нации в целом, 12) разработать современные санитарные правила, нормы, рекомендации

по безопасной работе обучаемых и ППС в потенциально опасной цифровой образовательной среде, 13) учитывать права и свободы обучаемых и ППС в соответствии с Конституцией РФ как гаранта социального государства, в том числе в условиях построения цифровой экономики с учетом особенностей жизнедеятельности при вирусной пандемии.

Список литературы

1. Гладилина, И. П. Цифровая трансформация образования: зарубежный и отечественный опыт / И. П. Гладилина, И. Г. Ермакова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 3. – С. 8–12.

2. Савельев, С. Д. Информационная модель распределенной автоматизированной информационной системы кадрового учета в финансовом университете при Правительстве РФ на основе удаленного вызова процедур "Тонкий клиент" / С. Д. Савельев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 218.

3. Сафиуллин, А. Р. «Умный город»: ключевые характеристики в условиях четвертой промышленной революции / А. Р. Сафиуллин, А. А. Александров // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы : труды научно-практической конференции с международным участием. – 2018. – С. 69–80.

4. Янкевичус, А. А. Система оптимизации штатов на основе дифференциации сотрудников технических служб сервиса и консультирования пользователей персональных компьютеров в педагогическом университете / А. А. Янкевичус, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 126.

5. Копыльцов, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и их роль в современном образовании / А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Современное образование: содержание, технологии, качество : материалы XXVI международной научно-практической конференции. – 2020. – Т. 1. – С. 320–322.

6. Жедигеров, Д. Ж. Система учебной навигации студентов и преподавателей университета на основе спутниковой системы GLONASS и облачных сервисов NAVITEL / Д. Ж. Жедигеров, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 213.

7. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы

и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 92.

8. Ситдиков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 18.

9. Шумкова, И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет-ресурса «СПБ ГИПИСР» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 100.

10. Копыльцов, А. А. / Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // А. А. Копыльцов, А. В. Копыльцов // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 32–36.

11. Копыльцов, А. В. Оценка качества программного обеспечения / А. В. Копыльцов ; Институт информатизации образования (Северо-Западный филиал) ; Ленинградский государственный областной университет им. А.С. Пушкина. – СПб., 2000.

12. Кусаинова, А. С. Инструменты и методы оценки функционирования IT-инфраструктуры высшего учебного заведения / А. С. Кусаинова // Вестник университета Туран. – 2016. – № 4 (72). – С. 297–300.

13. Мынбаева, А. К. Обзор новейших теорий образования: Педагогика 2.0, Образование 3.0 и Хьютагогика (Эвтагогика) / А. К. Мынбаева // Вестник Казахского НУ. – 2019. – Т. 61, № 4. – С. 4–16.

14. Шагай, М. А. Современные тенденции и особенности управления качеством обучения в системе среднего образования Ленинградской области в информационной среде / М. А. Шагай, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 125.

15. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе WINDOWS научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность / Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. – СПб., 2015. – С. 414–416.

16. Абрамян, Г. В. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной

среды вузов и школ Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Электронное обучение в вузе и школе : материалы сетевой международной научно-практической конференции / РГПУ им. А. И. Герцена. – СПб. : 2014. – С. 17–20.

17. Колк, Н. А. Опыт обучения студентов web-программированию на мобильных устройствах с сенсорным экраном в среде визуальных сервисов GOOGLE BLOCKLY / Н. А. Колк, А. Ю. Хижняк, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 22.

18. Абрамян, Г. В. Вербальные, визуальные и паралингвистические невербальные компоненты high-hume/high-tech цифрового управления подготовкой выпускников вузов с учетом региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и синтаксических конструкций и форм организации IT-коммуникаций / Г. В. Абрамян // Современное программирование : материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 261–266.

19. Абрамян, Г. В. HIGH-HUME методология и алгоритмы реализации HIGH-TECH управления контурами естественно-физиологических, электронноцифровых и гибридных интерфейсов формирования профессиональных компетенций выпускников вузов / Г. В. Абрамян // Современное программирование : материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 255–260.

20. Абрамян, Г. В. Инновационные технологии нелинейного развития современного регионального образования и подготовки кадров в сфере информационной безопасности / Г. В. Абрамян // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2013) : материалы конференции. – СПб., 2013. – С. 232.

21. Абрамян, Г. В. Формирование профессиональных компетенций выпускников вузов в цифровой high-hume образовательной среде на основе HIGH-TECH суггестивнолингвистического анализа и управления профессиональной деятельностью, коммуникациями и контентом учебных каналов / Г. В. Абрамян // Современное программирование : материалы III Международной научно-практической конференции. – Нижневартовск, 2021. – С. 251–254.

22. Кирпач, А. А. Технологии оценки систем электронного обучения в детских образовательных учреждениях Ленинградской области / А. А. Кирпач, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. С. – 124.

23. Куспанов, У. К. Педагогические условия применения ЭВТ в процессе повышения квалификации учителей / У. К. Куспанов, Г. В. Абрамян ; Западно-Казахстанский ОИУУ. – Уральск, 1992.

Использование сервиса «Яндекс.Учебник» в образовательном процессе

Ю. В. Аксёнова, email: tsiplok007@mail.ru

МБОУ СОШ №40

Аннотация. *В данной работе рассматриваются применение образовательной платформы Яндекс.Учебник в образовательном процессе.*

Ключевые слова: *Электронное обучение, цифровой образовательный ресурс, сервис, образовательный процесс, дистанционное обучение, Яндекс.Учебник.*

Введение

В настоящее время использование электронных образовательных ресурсов и сервисов на уроках становится неотъемлемой частью образовательного процесса. В связи с этим становится актуальным понятие электронного обучения.

Электронное обучение – это система обучения при помощи информационных и электронных технологий [1].

Цифровая образовательная среда (ЦОС) – это открытая совокупность информационных систем, предназначенных для обеспечения различных задач образовательного процесса. Среда принципиально отличается от системы тем, что она включает в себя совершенно разные элементы: как согласованные между собой, так и дублирующие, конкурирующие и даже антагонистичные. Это позволяет среде более динамично развиваться [3].

Система должна быть создана для решения конкретных целей и согласована едино. Это ее и отличает от среды. Жизнь системы зависит от скорости изменения внешних условий.

Сфера информационных технологий характерна своими стремительными изменениями. Чтобы с ними справиться сначала использовали «платформы», а в данный момент большую значимость обрели «экосистемы».

1. Образовательная платформа «Яндекс.Учебник»

Яндекс.Учебник – российская образовательная платформа для учителей и учеников. Сервис позволяет преподавателям назначать и автоматически проверять домашние задания, отслеживать успеваемость

© Аксёнова Ю. В., 2022

отдельных учеников и всего класса, индивидуально работать с успешными и отстающими учениками [2].

Яндекс.Учебник – это цифровой образовательный ресурс, в котором разработаны занятия для начальной и средней школы с учетом ФГОС. Данный сервис позволяет автоматически проверять задания и выставлением полученных баллов. Яндекс.Учебник включает в себя интерактивные курсы, электронные рабочие тетради, интерактивные задания.

Данный сервис работает с начальной школой и средним звеном.

Для начальной школы есть задания по русскому языку, математике, окружающему миру и музыке (1–4-е классы).

Для средней школы есть задания по русскому языку, математике (для 5–6-х классов), алгебре (для 7-го класса), музыке (для 5–8-х классов) и информатике (для 7 – 8- го класса).

Пользователю работы с данным сервисом необходимо устройство с выходом в интернет. Это может быть компьютер, ноутбук, планшет и даже телефон. Если вести речь об учителе, то можно использовать проектор для фронтальной работы, если сервис используется на уроке, а не дистанционно.

Учитель создает свой аккаунт (личный кабинет). Во вкладке «Классы» следует добавить класс и внести в него учеников (см. рис. 1).

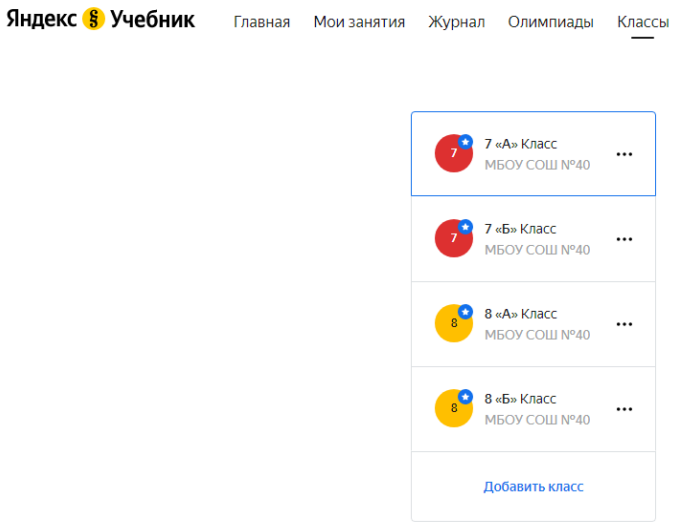


Рис. 1. Вкладка «Классы»

После этого действия каждому обучающемуся будет присвоен логин и пароль для входа. После этого шага учитель может выдавать задания как всему классу, так и индивидуально. Время выполнения задания тоже корректируется. Результаты обучающихся можно увидеть во вкладке «Журнал» (рис. 2).

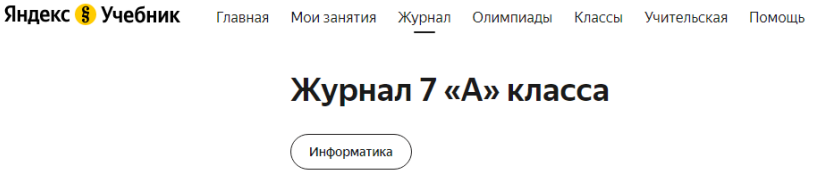


Рис. 2. Вкладка «Журнал»

Данный сервис подходит как для очного использования, так и для дистанционного обучения. Он позволяет обучать детей, не теряя качество образования. В процессе работы в сервисе формируются как навыки работы с компьютером, так и навыки решения разнообразных задач.

Заключение

Построение и использование эффективной цифровой образовательной среды в учебном процессе является основополагающим и немаловажным фактором для возможности самоопределения личности, используя различные предложенные ресурсы. Среда соответствует потребностям цифрового общества, что немаловажно в наше информационно-коммуникационное время.

Список литературы

1. Электронное обучение // Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электронное_обучение

2. Аккредитация в образовании [Электронный ресурс] : Электронный журнал. – Режим доступа: https://akvobr.ru

3. Яндекс.Учебник // Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Яндекс.Учебник

Преимущества и недостатки дистанционного обучения

Г. Н. Асланова, email: gu_la_ga@mail.ru
З. А. Сеферова, email: zarina_seferova@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

Аннотация. *В современном информационном мире дистанционное обучение становится особенно популярным – независимо от возраста и специальностей у большинства обучающихся появилась возможность получить знания дистанционно – на смену классическому образованию приходит возможность получения знаний с применением информационных технологий. Это повлекло к необходимости внедрения дистанционных образовательных технологий. Сегодня дистанционное обучение обладает определенными преимуществами над традиционным, однако существует ряд недостатков данной формы обучения.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, образование, технологии, методы обучения, формы обучения.*

Введение

Информатизация образовательного процесса является ключевым механизмом модернизации всей образовательной системы РФ. Сегодня наряду с традиционными формами образования появилась новая форма, основанная на информационных и коммуникационных технологиях – дистанционное обучение. Она является результатом эволюции традиционного образования, продолжением опыта заочного обучения, но уже на качественно новом уровне.

Дистанционное обучение становится наиболее популярным, так как в условиях нехватки времени получить полноценное образование по любому предмету дистанционно уже не является проблемой. Как и любое обучение, дистанционная форма обучения имеет отрицательные и положительные стороны.

1. Модели дистанционного обучения

Дистанционное обучение – это образовательный процесс, при котором преподаватель и обучаемый разделены временем, расстоянием или и тем и другим.

Выделяют следующие организационные модели дистанционного обучения:

© Асланова Г. Н., Сеферова З. А., 2022

– обучение по типу экстерната – предназначено для учащихся и студентов, которые по каким-то причинам не могут посещать традиционные учебные заведения;

– обучение на базе одного университета – представляет собой целую систему заочного или дистанционного обучения на основе новых информационных технологий;

– сотрудничество нескольких учебных заведений – позволяет любому гражданину стран содружества, не покидая своей страны, получить любое образование на базе функционирующих в странах содружества колледжей и университетов;

– автономные обучающие системы – представляют собой обучение посредством ТВ или радиопрограмм, а также дополнительных печатных пособий;

– интегрированное дистанционное обучение на основе мультимедийных программ – ориентировано на обучение взрослой аудитории, тех людей, которые по каким-то причинам не смогли завершить школьное образование.

На практике наиболее распространены три вида систем дистанционного обучения: синхронные, асинхронные и смешанные, см. рисунок [1].

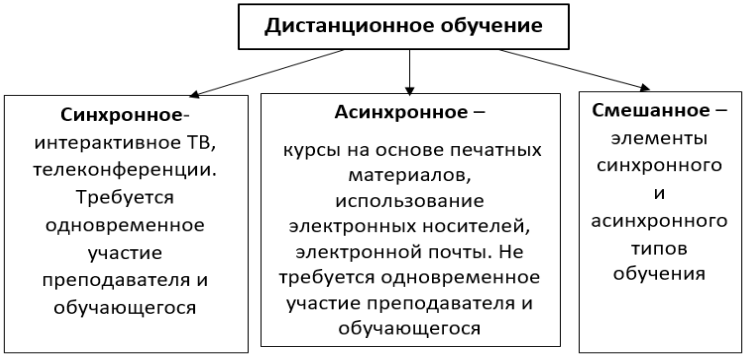


Рисунок. Модели дистанционного обучения

В синхронных системах обучаемые и преподаватели участвуют в учебном процессе одновременно. К таким системам относятся интерактивное ТВ, компьютерные телеконференции, дистанционное обучение под руководством инструктора.

Асинхронные системы не требуют одновременного участия обучаемых и преподавателя. Обучаемый сам выбирает время и план занятий. К таким системам относятся курсы на основе печатных материалов, физических электронных носителей (CD, аудио/видеокассеты), электронной почты, а также Интернет/интранет-системы.

Смешанные системы используют элементы как синхронного, так и асинхронного типов обучения.

2. Преимущества дистанционного обучения

Среди преимуществ дистанционного обучения можно выделить следующие [2]:

– отсутствие ограничений на количество обучающихся;
– сокращение затрат населения на обучение;
– расширение объема образовательных услуг, в том числе в сфере повышения квалификации и переподготовки кадров за счет увеличения количества обучаемых свыше числа мест;
– создание дополнительных рабочих мест для преподавателей и обеспечивающего персонала системы дистанционного образования;
– повышение профессионального уровня преподавателей в области современных технологий преподавания;
– сокращение затраты и повышение качества обучения в традиционных формах за счет интеграции в них учебных материалов и технологий дистанционного образования;
– вовлечение во все формы образования через систему дистанционного обучения огромный информационных массивов обучающих материалов мирового образовательного пространства (через систему кейсов, глобальные компьютерные сети);
– повышение качества подготовки и переподготовки специалистов по широкому спектру направлений, специальностей, специализаций и отдельных учебных курсов.

В процессе обучения происходит трансляция знаний от учителя (преподавателя, тьютора) к ученику (обучающемуся). Дистанционное обучение позволяет осуществить передачу знаний путем погружения обучающегося в открытую образовательную среду. Учитель в данном процессе будет выступать в роли путеводителя, консультанта, интерпретатора знаний. При этом необходим следующий комплекс технологий: учебно-методическая база (комплект заданий, использование печатных материалов и электронных носителей), телекоммуникационная модель в режимах онлайн и оффлайн и пр.

Преимуществом дистанционного бучения также является возможность пересматривать видеоматериалы, лекции в любое удобное

время – возврат к трудноусваиваемым темам. Скорость обучения также можно выбрать в зависимости от индивидуальных особенностей обучающегося.

3. Недостатки дистанционного обучения

Выделим основные недостатки дистанционного обучения [3, 4]:

– сложность с адаптацией к онлайн-занятиям;

– отсутствие реального общения на занятии, недоступность прямого очного общения с преподавателем;

– обязательное наличие технического оснащения для доступа к источникам информации (компьютер, доступ в Интернет и пр.);

– сложность мотивации обучающихся;

– сложность достоверного оценивания знаний обучающегося (сложность аутентификации пользователя);

– отсутствие постоянного контроля над обучающимся;

– недостаток практических занятий;

– высокая стоимость построения системы дистанционного обучения;

– высокая трудоемкость разработки курсов дистанционного обучения;

– недостаточная интерактивность современных курсов дистанционного обучения;

– низкая компьютерная грамотность;

– технические проблемы;

– нерациональное использование времени.

Переход от традиционных занятий к онлайн-формату делает процесс обучения совершенно другим. Если в аудитории на лекции от обучающихся ожидается пассивное слушание и конспектирование, то виртуальные дискуссии, работа с личным кабинетом и материалами в разных мультимедийных форматах требуют действий – активность обучающегося тут выходит на первый план, соответственно, обучающимся с «традиционным» складом ума бывает трудно адаптироваться к подобным переменам.

Отсутствие компьютерной грамотности является серьезной проблемой в современном мире, особенно когда речь идет о дистанционном обучении. Многие до сих пор не умеют работать со стандартными офисными приложениями типа Microsoft Word, Power Point, Microsoft Excel, не могут использовать интернет-ресурсы в образовательном процессе. Тем не менее технологические навыки являются обязательными для успешного прохождения дистанционного обучения, например, активное использование платформ Zoom, Skype, Moodle, Miro, Google Classroom, Google Maps и пр.

В процессе дистанционного обучения могут возникнуть проблемы совместимости обучающих платформ с операционными системами, браузерами или смартфонами, низкая скорость Интернет-соединения – все это может привести к пропускам онлайн-занятий, сложностям с загрузкой уроков в видеоформате, что снижает вовлеченность в процесс обучения.

Свобода, которую предлагает формат онлайн-обучения, часто усыпляет бдительность и вызывает ложное чувство безграничности времени. Дистанционное образование выдвигает более высокие требования к дисциплине и самоорганизации, чем его офлайн-аналог, хотя понимание этого еще не сформировалось. Неумелое управление временем может привести к серьезному отставанию от учебной программы и вызвать сильный стресс.

Отсутствие мотивации – общая проблема для всех типов обучающихся. Онлайн-формат требует сильной дисциплины и целеустремленности, чтобы самостоятельно выполнять задания, оставаться заинтересованным и добиваться прогресса.

Отдельно следует охарактеризовать психологические проблемы дистанционного обучения, среди которых можно выделить:

– психологический барьер при пользовании компьютерными технологиями, сетью Интернет, возникающие преимущественно у людей старшего возраста;

– отсутствие коллектива, ощущение одиночества и коммуникативного барьера с преподавателями;

– возможность недоразумений между преподавателем и студентом при искажении информации;

– нарушение личной саморегуляции студента или преподавателя, пониженный внутренний локус контроля, низкий уровень целеполагания, неумение планировать своё время и деятельность и т.д.

Заключение

Развитие информационных технологий привело к появлению дистанционного обучения, в ходе которого происходит обучение на расстоянии, когда нет прямого контакта между преподавателем и студентом, а контакт обеспечивается при помощи информационно-компьютерных технологий. Дистанционное обучение практикуется в мире в виде различных моделей, но главными его компонентами являются виртуальные учебные материалы и коммуникации (мультимедийные материалы, электронные учебники, онлайн-, и видеоконференции, использование ресурсов сети Интернет и пр.). В то же время дистанционное обучение характеризуется рядом недостатков: низкой эффективностью из-за отсутствия навыков самостоятельной

работы у студентов, недостатком «живого» общения, коллектива (особенно в асинхронной модели), возможностью искажения информации, недоразумений в связи с удалённостью участников образовательного процесса. Но в целом не взирая на ряд юридических, методических и психологических проблем, дистанционное обучение является весьма эффективным и перспективным. Для дальнейшего его развития в нашей стране необходимо: сформировать методологическую базу, организационно-управленческую структуру дистанционного образования, разработать нормативно-правовой аппарат, развивать теоретические, научно-психологические подходы в сотрудничестве с системой традиционного образования. И, конечно же, необходима финансовая поддержка материально-технической базы дистанционного образования.

Список литературы

1. Асланова, Г. Н. Модели обучения с применением электронных образовательных технологий / Г. Н. Асланова // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXI Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2021 год). – Воронеж, 2021. – С.2008–2012.

2. Асланова, Г. Н. IT-технологии как способ повышения эффективности обучения / Г. Н. Асланова // Современные исследования. – 2019. – №3. – С. 35–38.

3. Демидова, И. Ф. Педагогическая психология / И. Ф. Демидова. – М. : Феникс, 2009. – 320 с.

4. Капов, В. А. Дистанционное обучение: подходы и проблемы / В. А. Капов // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 1. – С. 29–30.

Эффективные инструменты дистанционного обучения в электронной образовательной среде Moodle

А. А. Борисова, email: allaborisova@yandex.ru
А. В. Бабаева, email: annabab1@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются эффективные инструменты для изучения гуманитарных дисциплин в системе Moodle, а также делается попытка показать широкому кругу читателей эффективные приемы работы со студентами, используя такие инструменты как видеоконференция, семинар, глоссарий.*

Ключевые слова: *Дистанционные образовательные технологии, видеоконференция, глоссарий, семинар, онлайн-обучение.*

Введение

Пандемия коронавирусной инфекции, охватившей весь мир, внесла коррективы и в образовательный процесс. Практически все ВУЗы перешли на дистанционный формат обучения, используя различные платформы. Исключением не стал и Воронежский государственный университет инженерных технологий, который использует электронную образовательную среду Moodle.

За годы пандемии те или иные проблемы, с которыми приходилось сталкиваться образовательным организациям при осуществлении образовательного процесса с использованием дистанционных технологий, не раз становились объектом анализа таких ученых как У. Г. Боуэн [1], Е. А. Тумалева [2, с. 103–128], М. Л. Хуторная [3] и другие авторы.

До наступления сложной эпидемиологической ситуации дистанционные технологии применялись как вспомогательные в случаях, когда обучающиеся бакалавриата и магистратуры не имели возможности лично присутствовать на занятиях либо требовалась дополнительная проработка материала в формате самостоятельной работы студента. Уже на этом этапе возникали проблемы с недостаточностью «живого» общения преподавателя и студента, несвоевременное реагирование на вопросы преподавателя [4].

© Борисова А. А., Бабаева А. В., 2022

1. Инструмент «Видеоконференция»

Электронная образовательная среда Moodle дает много инструментов, которые используются для преподавания гуманитарных дисциплин, таких как История, Культурология, Философия. Эффективными инструментами для получения студентами необходимых компетенций являются видеоконференция BigBlueButton, глоссарий и семинар.

Элемент видеоконференция BigBlueButton эффективен при проведении онлайн собраний и лекционных занятий, создавая «эффект присутствия» в аудитории. Данный электронно-образовательный ресурс позволяет в значительной мере сохранить саму атмосферу так называемых «живых» занятий, устанавливать голосовую и видеосвязь со студенческой аудиторией [5].

Участники, используя данный элемент, имеют возможность вести переписку в ходе самого занятия, отвечать на вопросы в чате, что позволяет фиксировать уровень освоения изучаемого материала, выявлять и оперативно устранять трудные моменты при изучении гуманитарных дисциплин, снабжать аудиторию дополнительной визуальной в виде карт, дат, фамилий, портретов и текстовой информацией по теме занятия. Неоспоримыми достоинствами видеоконференции являются демонстрация презентации, выделение текстом важных положений лекции, при необходимости – подключение с внешних сетевых ресурсов YouTube научно-популярных, документальных и хроникальных фильмов в контексте изучаемой темы, возможность записи лекции с последующей конвертацией в видеофайл. Инструмент видеоконференция можно использовать для организации мини-дискуссий для поддержания интереса аудитории на всем протяжении дистанционного занятия. Несомненно, что элемент видеоконференция требует от преподавателя больших усилий и более глубокой подготовки к занятию. По мнению психолога М. Л. Хуторной, интерактивное обучение – это прежде всего «диалоговое обучение, преподаватель, являясь в данном процессе фасилитатором, повышает познавательную мотивацию, активно включает студента в учебную деятельность, побуждает к самостоятельному поиску» [6].

2. Инструмент «Глоссарий»

Существенными проблемами дистанционного обучения являются проблема обратной связи с аудиторией и проблема проверки степени усвоения знаний. Преподаватель ставит перед собой новую задачу – проконтролировать усвоение лекционного материала, чтобы обеспечить максимальную отдачу со стороны обучающихся. Одним из таких инструментов является глоссарий, который как элемент курса Moodle

позволяет участникам создавать и поддерживать список определений, подобный словарю или собирать и систематизировать ресурсы и информацию. Глоссарий – это список терминов или понятий по предметной области курса или его конкретного раздела.

Глоссарий может использоваться в качестве средства донесения до студентов понятийного аппарата курса. Однако спектр использования этого учебного элемента может быть гораздо шире. Например, с помощью элемента Глоссарий можно реализовать самостоятельную работу студентов по сбору и систематизации тематической информации по курсу или его разделу [7]. Ресурс может быть использован в качестве элемента работы на семинарском занятии или как элемент контроля после проведения лекционного занятия. Записи могут быть оценены преподавателями или студентами. Глоссарии имеют ряд преимуществ: возможность создавать совместный банк ключевых терминов, а также хранить полезное видео, изображения и звуковые файлы. Также глоссарий может использоваться как ресурс для проверки фактов, требующих запоминания.

3. Инструмент «Семинар»

Еще одним эффективным элементом курса, который можно использовать при изучении гуманитарных дисциплин, является семинар, который позволяет накапливать, просматривать, рецензировать и взаимно оценивать студенческие работы. Можно использовать разные элементы данного ресурса. Во-первых, это автоматизированный режим взаимодействия со студентом и автоматизированное распределение проверяющих по работам. Студенты сами проверяют работы и автоматически распределяются, назначаются. Эту операцию можно проводить и вручную. В семинаре можно создавать различные стратегии оценивания. К ним относятся совокупное оценивание, которое предполагает выставление баллов за критерии; комментарии в виде текстового отзыва; рубрика – в нем используется перечень критериев и определяются уровни оценок по этим критериям; количество ошибок – эта стратегия похожа на рубрику, но здесь предусматриваются только два варианта: преподаватель описывает, например, три ошибки и студент должен определить какие ошибки допускаются при выполнении задания.

После выбора стратегии определяются фазы настройки семинара: определяется форма оценки, описываются критерии, по которым будет выставляться оценка, проводится конфигурация рубрики. После выполнения всех элементов можно назначить, каким образом будут распределяться работы среди проверяющих студентов. Это можно сделать автоматически и вручную. Автоматически распределяет сама система Moodle, причем можно выбрать количество рецензентов на одну

студенческую работу. Кроме того, элемент семинар позволяет студенту быть рецензентом только в том случае, когда он сам представит свою работу для оценивания. Это сделано для того, чтобы приобщить активных студентов к рецензированию. Семинар позволяет выдавать параметры оценки. Оценки можно сравнивать по ряду критериев: очень небрежно, небрежно, беспристрастно, строго и очень строго. По умолчанию система выбирает критерий беспристрастно, что означает, что все оценки имеют равный вес. В других алгоритмах больший вес дается плохим оценкам, в небрежных – больший вес у хороших оценок. Вторая возможность – это локальное перераспределение прав преподавателя на задание. Преимущество этого подхода заключается в том, что здесь не нужно заранее создавать отдельное задание семинар, можно создать обычное задание, но выбрать в настройках шкалу оценивания. Преподаватель назначает на конкретное задание проверяющего студента, при этом система позволяет сохранить анонимность при проверке.

Взаимная проверка работ студентами имеет ряд преимуществ. Во-первых, студенты выступают экспертами, преподаватель делегирует студентам на время свои функции. Студент как бы «примеряет» на себя роль преподавателя, что вызывает повышенный интерес студентов к такой форме работы. Во-вторых, с помощью взаимной проверки можно оценивать работы, которые не поддаются автоматической проверке тестированием: эссе, проекты, анкеты, схемы. В-третьих, делегирование функций студентам преподаватель освобождает себя от проверки работ, выполняя только координирующую функцию.

Студенты представляют свою работу в виде любых файлов, например, документы Word и электронные таблицы. Преподаватель задает критерии оценки, при этом есть возможность на примере показать критерии оценивания. Студентам предоставляется возможность оценить одно или несколько представлений своих сокурсников. Представляемые работы и рецензии могут быть анонимными, и это позволяет улучшить качество оценивания работ. Студенты получают две оценки за семинар – оценку за свою работу и баллы за свою оценку работ своих сокурсников. Взаимная проверка работ вызвала наибольший интерес у студентов при изучении дисциплин Культурология и История. Студенты «примеряли» на себя роль преподавателя, чего они не могли сделать в полном объеме на традиционных занятиях.

Заключение

Таким образом, применение таких инструментов как видеоконференция, семинар, глоссарий позволило максимально стимулировать познавательную активность и самостоятельный

творческий процесс у обучающихся. Описанные инструменты помогут разнообразить контент и виды учебной деятельности в образовательном процессе. Во ВГУИТ эти инструменты оказались эффективными при изучении гуманитарных дисциплин. Эффективным инструментом оказалось и взаимное оценивание работ, позволяя студентам развивать навыки систематизации и обобщения изученного материала; мотивировать к более глубокому освоению материалов курса; развивать критическое мышление и повышать познавательную активность. Преподаватель может за короткий отрезок времени охватить большие группы при относительно небольших затратах. Помимо этого, взаимное оценивание дает быструю обратную связь и вносит в процесс обучения элемент творчества, что не всегда возможно на аудиторном занятии в силу ограниченности времени.

Список литературы

1. Боуэн, У. Г. Высшее образование в цифровую эпоху / У. Г. Боуэн. – М. : Издательский дом Высшей школы экономики, 2018. – 224 с.
2. Тумалева, Е. А. Дистанционное образование: проблемы и перспективы / Е. А. Тумалева [и др.]. – Санкт-Петербург : Издательство Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена ; Международный центр образовательных инноваций, 1997. – С. 103–128.
3. Хуторная, М. Л. О необходимости применения интерактивных технологий в вузе / М. Л. Хуторная // Тамбовская научная психологическая школа: итоги 20-летия ТГУ имени Г. Р. Державина : Материалы VII Международного семинара молодых ученых и аспирантов. – 2015. – С. 133–136.
4. Babaeva, A. V. Metamorphoses of modern russian education / A. V. Babaeva, A. A. Borisova // 8th International Conference on Education and Education of Social Sciences. Abstracts & Proceedings. – 2021. – С. 480–483.
5. Сазонова, Н. И. Дистанционные образовательные технологии в подготовке учителя истории и обществознания: опыт Томского государственного педагогического университета / Н. И. Сазонова, П. Л. Нестеренко, О. А. Райкова // Научно-педагогическое обозрение. –2021. – № 4. – С. 188–198.
6. Хуторная, М. Л. Особенности применения психолого-педагогических методов и приемов обучения в дистанционном пространстве / М. Л. Хуторная // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – № 63(3). – С. 336–339.
7. Хуторная, М. Л. Интеллектуальное развитие студентов в условиях цифрового образования / М. Л. Хуторная // Антропоцентрические науки: инновационный взгляд на образование и развитие личности : материалы XIV международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 115-118.

Среда Microsoft Office для создания дидактических материалов по физике при введении ограничительных мер во время пандемии Covid

О. А. Валуйская, email: olgavalujskaya@yandex.ru

МБОУ «Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности создания дидактических материалов по физике в среде Microsoft Office при введении ограничительных мер во время пандемии Covid для изучения нового материала, проведении лабораторных работ и работ физического практикума, контроля знаний.*

Ключевые слова: *ИКТ-технологии, дистанционное обучение, среда Microsoft Office, программы PowerPoint и Excel, дидактические материалы, структурно-логические схемы, электронные таблицы, лабораторные работы, контроль знаний.*

Введение

Около двух лет образовательные учреждения вынуждены работать в условиях ограничений, связанных с распространением коронавирусной инфекции. Отменена кабинетная система в общеобразовательных учреждениях, следовательно, у обучающихся нет доступа в специализированные кабинеты, что в значительной степени затрудняет реализацию практической части образовательных программ по предмету. Дистанционное обучение – крайняя мера ограничения, с которой мы столкнулись уже неоднократно. При таком обучении возникает еще одна сложность – обеспечение самостоятельности обучающихся при изучении теоретического материала и выполнении проверочных заданий.

Разумеется, на сегодня функционирует большое количество платформ, позволяющих произвести проверку теоретических знаний и практических навыков в автоматическом режиме на базовом уровне, но для реализации программ углубленного изучения требуются задания более широкого спектра по тематике и глубокого по содержанию.

1. Создание дидактических материалов в среде Microsoft

Пользователям ПК хорошо известна и привычна в применении универсальная среда Microsoft Office, являющаяся актуальной для создания дидактических материалов различного назначения.

© Валуйская О. А., 2022

Во время организации дистанционного обучения время проведения онлайн-уроков ограничено по времени, это означает, что необходимо сделать отбор учебного материала, более сложного предназначенного для разъяснения учителем и для самостоятельного изучения учащимися.

При таком подходе недостаточно лишь ознакомиться с некоторыми вопросами теоретической физики. Важно систематизировать полученные ранее знания, логически связать с новым материалом, проследить причинно-следственные связи, выполнить сравнительный анализ, обозначить границы применения законов. Для такого вида работы подойдут тщательно продуманные структурно-логические схемы (см. рисунок) и (или) электронные таблицы. Структурно-логические схемы состоят из различных и взаимосвязанных блоков, которые удобно выполнять в программе PowerPoint, содержащей нужные для этого графические фигуры и опцию их группировки. Подобные схемы, учащиеся самостоятельно заполняют, изучив учебный материал, затем на последующем занятии обязательно структурированный и систематизированный материал обсуждается, уделяется внимание важным деталям, отрабатываются практические навыки при решении задач.



Рисунок. Структурно-логическая схема для 10 класса по теме «Механическая работа и мощность. Энергия».

В некоторых случаях схема частично может быть заполнена учителем, если она содержит блоки, содержащие информацию, которую учащимся крайне трудно систематизировать по разным причинам:

тяжело преобразуют словесную информацию в символьную, используется несколько учебников (источников) и т.д.

Вставка объектов SmartArt предназначена для отображения уже сгруппированных блоков информации в определенной последовательности в виде процесса, цикла, пирамиды [1, 2].

Реализация практической части образовательных программ углубленного изучения предусматривает выполнение лабораторных работ и работ физического практикума, требующих особого оборудования в специализированных кабинетах. Как быть в таких случаях? Дидактика подобных работ предусматривает не только наличие четкой инструкции, но и необходимые фотографии (рисунки), демонстрирующие результаты изменения физических величин в ходе предполагаемого эксперимента. После определения цены деления и значения физических величин по готовым фотографиям выстраиваются диаграммы, отражающие исследуемые зависимости; производится расчет погрешностей прямых и косвенных измерений; формулируется вывод по результатам исследования. При наличии достаточно обширной экспериментальной базы и необходимого количества иллюстративного материала есть возможность осуществления дифференцированного и индивидуального подхода при обучении, если созданы несколько вариантов с отличающимися значениями величин [3].

Промежуточный и тематический контроль знаний в подобных условиях также требует особого подхода. Для повышения самостоятельности выполнения таких работ нужно чтобы дидактические материалы содержали достаточное количество задач, условия которых представлены в виде графиков (диаграмм), табличных данных или рисунков. Графики можно создать в любом количестве в среде Microsoft Office при помощи программы Excel, либо найти в свободном доступе в сети интернет; продумать список вопросов к подобным задачам. Задачи такого типа нельзя будет найти в интернете с готовыми решениями [4, 5].

Заключение

В сложившейся ситуации в образовательном пространстве перед нами встала непростая задача – не только удержание качества образования на должном уровне, но повышение этого уровня. Это означает, что современный педагог должен гибко реагировать на изменяющиеся условия, использовать и создавать при помощи ИКТ-технологий обновленные дидактические материалы, которые помогут решить вышеназванные задачи.

Такой подход позволяет осуществить принципы дифференциации и индивидуализации в образовательном процессе, и как следствие

реализовать образовательные программы по предмету на достаточно высоком уровне.

Список литературы

1. Андерсен, Бент Б. Мультимедиа в образовании. Специализированный учебный курс / Бент Б. Андресен, Катя ван ден Бринк. – М. : Дрофа, 2007. – 224 с.

2. Демкин, В. П. Технологии дистанционного обучения / В. П. Демкин, Г. В. Можаева. – Томск : РГППУ, 2003. – 108 с.

3. Сборник трудов докладов Всероссийского съезда учителей физики. – М. : МГУ, 2011. – 428 с.

4. Теоретические основы создания образовательных электронных изданий / С. Г. Григорьев [и др.]. – Томск : Изд-во Томского университета, 2002. – 86 с.

5. Крылова, О. Н. Новая дидактика современного урока в условиях введения ФГОС ООО : методическое пособие / О. Н. Крылова, И. В. Муштавинская. – СПб. : КАРО, 2014. – 144 с.

Организация образовательного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Н. А. Гречишникова, email: sch2-2005@yandex.ru

МКОУ «Новоусманская СОШ № 2»

Аннотация. *Для организации учебного процесса используются электронные образовательные ресурсы и дистанционные технологии. В статье сделан анализ некоторых используемых ресурсов в педагогической деятельности.*

Ключевые слова: *Дистанционные технологии, электронно-образовательные ресурсы, образовательная платформа, информационно-коммуникационные технологии.*

Введение

Если бы несколько лет назад нам сказали, что обучающиеся не будут ходить в школу и уроки учителя будут проводить дистанционно, можно было это посчитать за фантазию. Но в мире все меняется, и то, что раньше было фантастикой, становится реальностью.

Для обеспечения эффективного взаимодействия между всеми участниками образовательного процесса каждое образовательное учреждение имеет свою информационно-образовательную среду. В последние годы школы чередуют очные занятия с дистанционными. Так образовательный процесс не прерывается.

1. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии

Передо мной стал выбор: какие инструменты использовать в период дистанционного обучения, какие использовать образовательные ресурсы.

Ученик получает доступ к видео-урокам, методическим материалам, возможно онлайн-общение с учителем.

При организации дистанционного обучения используются те же цели, что и при очном. Форма подачи материала, форма взаимодействия учителя и учащихся будут иными. При этом могут быть использованы следующие формы:

– электронная переписка – для рассылки заданий и отправки выполненных работ;

© Гречишникова Н. А., 2022

– телеконференции – позволяют организовывать настоящие дискуссии между учениками, если того требует тема;

– видеоуроки – полноценный урок с объяснением нового материала можно вполне провести по скайпу или просмотреть в записи [1].

Для организации совместной работы субъектов образовательного процесса в обучении широко использую образовательную платформу «Электронный дневник». Все, кто имеет доступ, может получить необходимую ему информацию, связанную с процессом обучения. Имеются инструменты для организации дистанционного обучения. Учитель может прикреплять к домашнему заданию различные электронные образовательные ресурсы. Их можно использовать как при карантинных мероприятий, так и при проведении очных занятий. Учитель может выдать задание как всему классу, так и индивидуально с учетом особенностей обучающегося. Ребенок может отправить файл на проверку, и потом посмотреть отправлена ли его работа на доработку или зачтена. Имеется функция для проведения видеоконференции, используется платформа Microsoft Teams. У учащихся есть возможность подключаться к урокам дистанционно из электронного дневника. Ссылка на урок генерируется автоматически и также автоматически отправляется всем участникам видеоконференции. Для любого учителя не составит труда создать команды и объединить их в классы; направить учащимся любые файлы и открыть к ним совместный доступ; хранить файлы, проекты и задания в облаке. Если же вас не устраивает эта платформа, можно использовать другую среду, а в дневнике изменить ссылку к уроку. В настоящее время многие школы переходят на образовательную платформу «Сферум». С обучающимися старших классов апробирую этот сервис. Ученики могут как в школе привлечь внимание преподавателя подняв руку, а преподаватель включает микрофон, чтобы ученик мог ответить на поставленный вопрос. Используемые электронные материалы на уроке могут храниться в облаке и быть доступными с любого устройства: компьютера, или же смартфона.

Для контроля знаний в электронном дневнике имеется модуль «Тесты». Тесты учитель может создать свои или использовать глобальные, созданные сторонними участниками. Для поведения контроля знаний мною были созданы тесты по информатике «Устройство компьютера», «Моделирование», «Кумир. Исполнитель Робот» и другие. Можно настроить тест по своему усмотрению: период проведения теста, лимит времени, количество попыток. Для проведения анализа выполненного теста, учитель через функцию Отчёт, может посмотреть результат каждого ребенка. Проверку, % выполнения и выставление

оценок осуществляет компьютер. Удобное приложение. Оценки автоматически появляются в журнале. Экономит время учителя.

Для себя я нашла удобный и простой способ взаимодействия со всем классом на платформе Skysmart, в форме интерактивной тетради. Skysmart это непрерывный и результативный образовательный процесс. в интерактивной тетради собраны задания по основным школьным предметам Ни детям, ни родителям не нужно будет настраивать сервис доступ к тетрадям будет бесплатным для всех учителей и школьников страны тетрадь работает с любого устройства: компьютер, планшет или смартфон школьники, выполнив задания, могут нажатием одной кнопки увидеть свой результат и при необходимости показать его родителям задания проверяются автоматически, после чего учителю открываются данные с результатами. Задания разноуровневые. Возможность создать индивидуальную работу. Задания, которые невозможно списать. Контроль времени, затраченного обучающимся. Время на создание работы 2-3 мин. Оценки автоматически появляются в журнале. К сожалению, у учителя нет возможности в этом ресурсе добавить свои задания. Но эту проблему можно решить с помощью Якласс. Хорошим помощником при освоении учебного материала в школе может стать образовательная платформа Якласс. Учитель может создать задание, которое будет содержать не только теоретические вопросы, но и тестовые задания. Задания могут разного уровня. Учитель может добавить и свой материал. Используя данную платформу в обучении, можно разнообразить как учебную, так и внеурочную деятельность.

Вместо устных ответов – организую блиц-опросы через электронные формы. Технологии Google можно использовать для создания образовательного пространства. Имеется множество полезных инструментов, которые могут быть доступны для совместной деятельности учащихся. Обучающиеся в образовательном процессе выступают как активные создатели, а не пользователи. Все инструменты Google бесплатны. В работе чаще всего использую таблицы Google, что позволяет легко создавать, совместно использовать и изменять таблицы в Интернете. Для контроля выполнения проектных работ для учащихся старших классов создавалась таблица.

При создании онлайн-слайдов используется Google-презентация. Возможна совместная работа нескольких пользователей на одном листе, слайде (рисунке).

Одним из удобных инструментов для создания таких тестов является ресурс Google Формы. В своей педагогической деятельности использую Google-формы для проведения совместной работы в группе, самооценки, контрольных тестов. Работать с ними не сложно. Интерфейс

на этом сервисе удобный и интуитивно понятный. Все ответы автоматически собираются в единую базу. Преимущества средств Google: 1) обучающиеся отрабатывают навыки работы в группе; 2) ученику на уроке отводится центральная роль, учитель выступает в роли тьютора. Рассматриваемые сервисы могут быть использованы на любом уроке [2, 3].

В современном мире, на уроке учитель должен постоянно поддерживать у обучающихся познавательный интерес. Эту проблему решаю с использованием образовательной платформы Leanis. Leanis – сервис с простым интерфейсом. Имеются функции для создания: интерактивное видео, образовательные web-квесты («Выберись из комнаты»), терминологическая игра «Объясни мне», интеллектуальная игра «Твоя викторина». Этот сервис будет удобен для всех учителей предметников. В своей деятельности использую для разработки интерактивного видео. Чтобы создать интерактивный ресурс, необходимо чтобы видеоролики были на YouTube, подготовить заранее вопросы для обучающихся. При создании тестов можно использовать следующие варианты вопросов: с одним вариантом ответа, множественным вариантом, открытые вопросы. Когда интерактивное видео будет готово, необходимо поделиться ссылкой любым удобным способом, или отправить номер задания. Этим ресурсом можно пользоваться и в проектной деятельности обучающихся [4].

Для развития познавательной активности обучающихся использую технологию «Облако слов». На любом этапе урока можно воспользоваться этим приемом. В настоящее время много интернет-ресурсов для создания облако тегов. Я использую ресурс https://wordart.com. Мною были использованы «облака слов» для нахождения лишнего слово по теме «Устройство компьютера»; нахождения правильного варианта ответов по теме «Системы счисления», восстановить определение по теме «Системы счисления». Идея создания видео уроков для объяснения теоретических основ информатики помогает организовать учебный процесс. Применение нестандартных форм обучения повышает интерес обучающихся к предмету. В сфере здоровьесберегающих технологий видеоуроки полезны тем, что появляется возможность оптимизировать процесс обучения для отстающих учеников.

Заключение

Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе влечет за собой повышение мотивации учебной деятельности, повышает возможность вариативности способов получения образования, способствует развитию познавательной

самостоятельности обучающихся. Такая методика предполагает устранение прямой зависимости обучаемого от преподавателя путем перестраивания их отношений в процессе активно-познавательной мыслительной деятельности. Стоит не забывать о здоровье учащихся, что через 20-25 минут урока необходимо дать возможность самостоятельно выполнить задания офлайн. Можно предложить им отключиться, а в конце урока созвониться или снова подключиться на короткое время, чтобы сверить ответы [5, 6].

Список литературы

1. Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с.
2. Дистанционный всеобуч: возможности сервисов Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e-asveta.adu.by/index.php/distancionni-vseobuch/obuchenie-online/servisy-google-v-obrazovanii/53-google
3. Продукты Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.google.ru/about/products
4. Ильин, Е. П. Мотивация и мотивы [Электронный ресурс] / Е. П. Ильин. – Санкт-Петербург : Питер, 2000. – 512 с.
5. Беляев, Ю. В. Неврологический эффект и мобильные коммуникации. – М. : Мысль, 1998.
6. Здоровье детей : журнал. – М. : Издательский дом «Первое сентября», 2008 г. – №1, 2.

Особенности обеспечения заданиями студентов при реализации образовательных технологий с использованием SMART системы графического образования

А. Н. Ивлев, e-mail: alexivlev@rambler.ru [1]
О. В. Терновская, e-mail: olgaternovskay@yandex.ru[1]
Е. Ю. Терновская, e-mail: j-catherina@mail.ru [1]
А. В. Павлов, e-mail: olgatern2015@yandex.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности обеспечения студентов заданиями при реализации образовательных технологий в области графических дисциплин, приводятся требования к автоматизированной системе выдачи заданий и ее взаимосвязи с другими подсистемами SMART системы графического образования.*

Ключевые слова: *SMART система графического образования, автоматизированная системе выдачи заданий, образовательная траектория.*

Введение

Реализация образовательных технологий, направленных на формирования компетенций при освоении образовательной программы по любому направлению или специальности невозможно без решения практических задач. Решение задач, как правило, предусмотрено на протяжении всего периода освоения дисциплины и способствует скорейшему формированию компетенций, предусмотренных ФГОС.

Одним из результатов освоения графических дисциплин, в соответствии с ФГОС, является овладение студентами навыками поиска, обработки и анализа информации, которую он может получить из различных источников. Кроме этого, полученная информация должна быть представлена в графическом виде с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий в соответствии с действующими правилами. Формат представления информации может быть различным и зависит от требования учебного заведения, в котором обучается студент или организации, в которой работает выпускник.

Изучение графических дисциплин студентами технических направлений или специальностей направлено на освоение навыков

© Ивлев А. Н., Терновская О. В., Терновская Е. Ю., Павлов А.В., 2022

представления технической информации в графическом виде в соответствии с правилами, которые определены стандартами, действующими в РФ.

Автоматизация образовательных технологий в настоящее время является неотъемлемой частью любого учебного процесса. Внедрению цифровых технологий в образование посвящен ряд работ [1–4].

В работах [5, 6] рассмотрена автоматизированная система, в которой учитываются особенности реализации образовательных технологий в области графического образования. Привлечение студентов к работе с использованием SMART системы графического образования [5] позволяет индивидуализировать во времени учебный процесс освоения дисциплины, не изменяя последовательности этапов образовательной траектории.

1. Автоматизированная система выдачи заданий

SMART система графического образования [5] включает в себя ряд подсистем необходимых для предоставления методической информации, контроля знаний студентов, анализа успеваемости студентов и выдачи заданий, которые должны быть выполнены в процессе освоения дисциплины.

Автоматизированная система выдачи заданий (АСВЗ) [6] входящая в состав SMART системы графического образования должна удовлетворять следующим требованиям:

– выдача заданий должна осуществляться в соответствии с образовательной траекторией освоения дисциплины;

– обеспечение формирования индивидуальных вариантов заданий;

– обеспечение возможности получения задания в любое удобное время для пользователя;

– обеспечение возможности дистанционного доступа к заданиям;

– наличие интуитивно понятного интерфейса.

Являясь подсистемой SMART системы графического образования, АСВЗ информационно связана с базой данных, содержащей задания, находящейся в структуре системы предоставления методической информации [6], а также с автоматизированной системой контроля знаний студентов (АСКЗС), на которую, возложены функции контроля и анализа успеваемости студентов, а также хранение информации о текущем этапе образовательной траектории. На рисунке представлена взаимосвязь автоматизированной системы выдачи заданий (АСВЗ) с другими подсистемами SMART системы графического образования.

Генерация заданий, доступных для выполнения, осуществляется на основе данных, полученных от АСКЗС в соответствии с этапом образовательной траектории для конкретного студента.

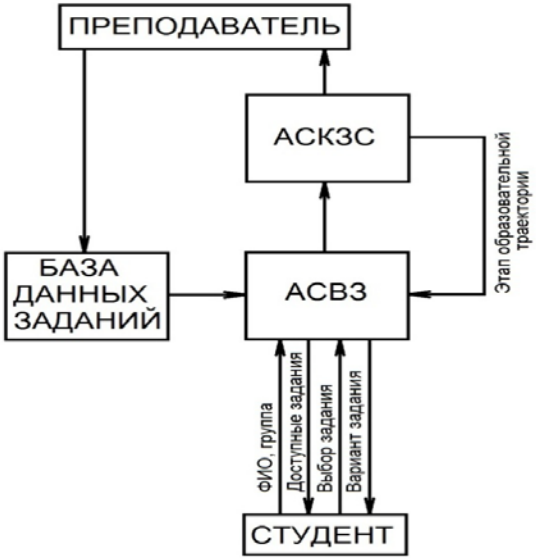


Рисунок. Взаимосвязь автоматизированной системы выдачи заданий (АСВЗ) с другими подсистемами SMART системы графического образования

Образовательная траектория включает ряд этапов:

– теоретический материал по каждому разделу дисциплины;
– тесты для контроля знаний по разделам дисциплины;
– практические задания по разделам дисциплины для закрепления знаний.

Движение по образовательной траектории студентом осуществляется поэтапно. После изучения каждого теоретического раздела студенту доступен материал по тестированию и задания для закрепления текущего раздела. Материал следующего раздела и задания для закрепления материала следующего раздела доступны только после успешного завершения тестирования и выполнения всех заданий по предыдущему разделу. Такое построение образовательной траектории является единственно возможным при изучении графических дисциплин, таких как «Начертательная геометрия», «Инженерная графика».

Авторами уже рассматривалась образовательная траектория изучения дисциплины «Компьютерная графика» [6], в которой студенту предоставляется возможность выбора траектории движения между этапами в рамках изучения одного раздела:

«Теоретический материал – тестирование – выполнение задания» или «Теоретический материал – выполнение задания – тестирование».

Такой вариант образовательной траектории неприемлем при изучении дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика», поскольку решение практических задач должно быть осознанным, что возможно только после изучения и усвоения учебного материала. Этап тестирования по каждому разделу дисциплины является необходимым, в первую очередь для самостоятельного контроля полученных знаний и только во вторую очередь для контроля качества усвоения учебного материала и проведения аттестации.

Исходя из такой формы образовательной траектории, АСВЗ выдает вариант задания по новой теме только в том случае, если студент прошел тестирование и выполнил задания по предыдущей теме не менее чем на оценку «удовлетворительно», что фиксируется преподавателем после проверки работы.

Для получения очередного задания студент формирует запрос для АСВЗ с указанием фамилии, имени, отчества, группы, в которой он обучается. Система на основании данных, полученных от АСКЗС об этапе образовательной траектории студента, формирует данные о доступных видах заданий.

Заключение

Использование автоматизированной системы выдачи заданий (АСВЗ) позволяет осуществлять процесс выдачи заданий без затрат аудиторного времени, поскольку студент может получать задания в удаленном режиме непосредственно перед его выполнением, что также исключает возможность потери задания. Помимо этого, АСВЗ позволяет осуществлять контроль за реализацией образовательной траектории.

Список литературы

1. Роберт, И. В. Современное состояние и перспективы развития автоматизации и управления технологическими процессами в сфере образования / И. В. Роберт // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2010. – Т. 1 – С. 100–106.

2. Телегин, А. А. Переход к дистанционному образованию от автоматизации учебного процесса / А. А. Телегин // Оценка эффективности образовательных инноваций и технологий : Материалы Шестой всероссийской научно-практической конференции, Славянск-на-Кубани, 25–26 июня 2004 года. – Славянск-на-Кубани, 2004. – С. 164–165.

3. Косьмин, С. Н. Автоматизация контроля знаний в сфере образования / С. Н. Косьмин // Разработка и решение актуальных научных проблем: вопросы теории и практики : сборник научных трудов

по материалам Международной научно-практической конференции. – Смоленск : ООО "НОВАЛЕНСО", 2017. – С. 77–83.

4. Бородкина, Т. А. К проблеме автоматизации процесса образования в вузе / Т. А. Бородкина, В. Н. Иванов // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2017. – № 4(65). – С. 241–248.

5. Ивлев, А. Н. Концепция SMART системы графического образования // А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии : сборник материалов XIX международной научно-методической конференции / под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО Вэлборн»), 2019. – 2169 с. – С. 1996–2000.

6. Ивлев, А. Н. Методическая составляющая SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методы, технологии : сборник материалов XX международной научно-методической конференции / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО Вэлборн»), 2020. – 2305 с. – С. 2111–2115.

Методы отладки функциональных программ

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su
К. А. Кламбоцкий, email: konstantin.klambotsky@gmail.com

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Аннотация. *В докладе рассматриваются методы отладки функциональных программ и опыт их использования для отладки Cloud Sisal программ в рамках создаваемой в ИСИ СО РАН системы CPPS поддержки облачного параллельного программирования.*

Ключевые слова: *отладка программ, система CPPS, функциональное программирование, язык Cloud Sisal.*

Введение

Современные подходы к разработке параллельных программ в основном являются архитектурно-ориентированными, когда для достижения эффективной работы создаваемые программы тесно связаны с архитектурами параллельных вычислительных систем, на которых они выполняются и, как правило, разрабатываются. Поэтому требования к квалификации разработчиков параллельных программ весьма высоки, тем более, что протестировать и отладить параллельную программу намного сложнее, чем последовательную, а проблема верификации параллельных программ весьма далека от решения не только практически, но и теоретически.

Более того, в современной вычислительной технике идет постоянная смена архитектурных парадигм, что, в свою очередь, ведет к проблеме переносимости уже разработанных параллельных программ. Приходится постоянно адаптировать уже созданный продукт под изменившиеся аппаратные средства. Это обуславливается тем, что различные параллельные вычислительные системы имеют свойственные только им ресурсные ограничения, которые необходимо учитывать во время разработки программы. Проведение таких адаптаций является весьма интеллектуальной задачей, требующей существенного переписывания параллельных программ и выполнения практически заново их верификации и отладки. В результате адаптированные параллельные программы зачастую содержат новые ошибки и не достигают желаемой и возможной эффективности.

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., Кламбоцкий К. А., 2022

Поэтому создание методов и технологий архитектурно-независимого параллельного программирования является весьма актуальным. Есть насущная потребность в языковых и инструментальных средствах, которые обеспечат создание и отладку архитектурно-независимых параллельных программ независимо от используемого вычислителя и их корректную адаптацию к разным параллельным вычислительным системам для их эффективного выполнения. Одним из перспективных путей решения указанной проблемы является разработка декларативных средств описания и реализации параллельных вычислений.

Облачная система параллельного программирования CPPS [1, 2], разрабатываемая в ИСИ СО РАН, использует функциональный язык Cloud Sisal для разработки, отладки, верификации и исполнения параллельных программ. В рамках создаваемой системы CPPS прикладной программист будет иметь возможность через браузер создавать, отлаживать и верифицировать Cloud Sisal программу в визуальном стиле и без учета целевого вычислителя, а затем с помощью оптимизирующего кросс-компилятора производить настройку отлаженной программы на тот или другой супервычислитель, доступный ему по сети, с целью достижения высокой эффективности исполнения получаемой параллельной программы, а также передавать построенную программу супервычислителю на счет и получать результаты.

Целью работы, представленной в данном докладе, является исследование существующих методов отладки функциональных программ на языках Haskell, F# и Common Lisp, разработка на их основе методов отладки Cloud Sisal программ и их экспериментальная реализация для представительного подмножества языка Cloud Sisal в виде отдельного веб-модуля на языке JavaScript, легко встраиваемого в систему CPPS и позволяющего пользователю удаленно отлаживать Cloud Sisal программу.

1. Язык Cloud Sisal и система CPPS

Язык Cloud Sisal [3] продолжает традицию предыдущих версий языка SISAL, оставаясь функциональным потоковым языком, ориентированным на написание больших научных программ, и расширяет их возможности средствами поддержки облачных вычислений. Функциональная семантика языка Cloud Sisal гарантирует детерминированные результаты для параллельной и последовательной реализации – то, что невозможно гарантировать для традиционных императивных языков, подобных языкам Фортран или Си. Более того, неявный параллелизм языка снимает необходимость переписывания исходного кода при переносе его с одного вычислителя на другой. Cloud-

Sisal-программа, правильно исполняющаяся на персональном компьютере, будет гарантированно правильно исполняться на любом высокоскоростном параллельном или распределенном вычислителе.

При этом методы аннотированного программирования и конкретизирующих преобразований, поддерживаемые системой CPPS, позволяют в рамках декларативного стиля программирования настраивать процессы адаптации переносимых параллельных программ на классы задач и архитектуру вычислителя при сохранении их корректности, а также получать более эффективный параллельный код за счет использования при адаптации знаний пользователя о задаче, программе и вычислителе, выраженные в аннотациях.

Система CPPS [1, 2] разрабатывается как интегрированная облачная среда программирования на языке Cloud Sisal, которая содержит как интерпретатор, поддерживающий диалоговое взаимодействие с пользователем при построении и отладке программы, так и оптимизирующий кросс-компилятор, осуществляющий построение параллельной программы по её функциональной спецификации.

Интерпретатор и оптимизирующий компилятор системы CPPS используют единое внутреннее теоретико-графовое представление IR функциональных Cloud-Sisal-программ, которое ориентировано на их визуальную обработку и основано на атрибутированных иерархических графах.

Система CPPS поддерживает построение наглядных изображений графовых внутренних представлений Cloud-Sisal-программ и их использование при конструировании корректных функциональных программ, в том числе для визуальной отладки Cloud-Sisal-программ [1, 4]. Она также поддерживает построение визуальных представлений внутренних структур данных, возникающих в компиляторе при построении параллельных программ, и динамических процессов, возникающих при исполнении построенных параллельных программ, и их использование для управляемой оптимизации с целью повышения рабочих характеристик параллельных программ, получаемых с помощью компилятора по их функциональным спецификациям.

2. Методы отладки для языка Haskell

Простым методом отладки программ на языке Haskell является Debug.Trace.

```
Debug.Trace.trace: trace :: String -> a -> a
```

При вызове trace выводит строку в своем первом аргументе, прежде чем вернуть второй аргумент в качестве результата. Преимущество

состоит в том, что для отключения и включения трассировки требуется только одна строка комментария. Но стоит заметить, что вследствие работы ленивых вычислений трассировка будет выводиться, только если значение было посчитано в программе.

Hood – популярная библиотека для отладки Haskell программ, использует модифицированный метод отладки методом вывода, предлагая пользователю поставить на переменную, выражение или функцию модификатор-наблюдатель (observe), который в течение работы программы будет уведомлять в консольное окно или в файл об этапах вычисления, выводя промежуточный результат (см. рис. 1). Даже если он не обновлялся какое-то время, Hood отлично работает с текущей версией языка. Исходный код:

```
import Hugs.Observe
f'  = observe "Informative name for f" f
f x = if odd x then x*2 else 0
```

Результат наблюдения выводит отчет обо всех вызовах f и результатах:

```
Main> map f' [1..5]
[2,0,6,0,10]
```

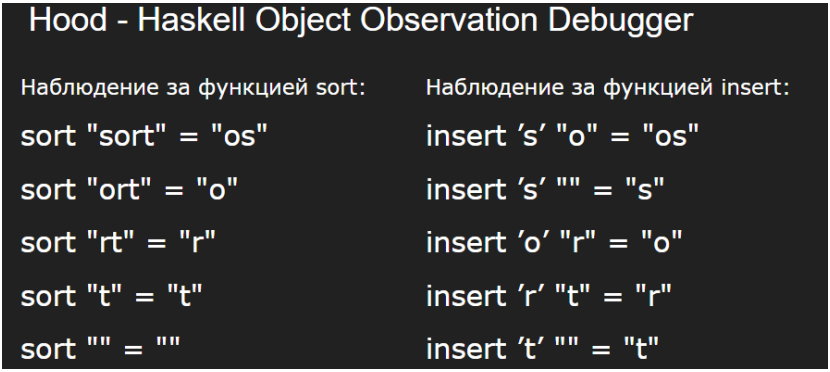


Рис. 1. Пример использования библиотеки Hood

Freja – компилятор для подмножества Haskell 98. Сессия отладки состоит из последовательности вопросов, на которые отвечает пользователь. Каждый вопрос относится к правильности раскрытия редексов. Пользователь должен ответить «да», если раскрытие является правильным, и «нет» иначе (см. рис. 2, 3).

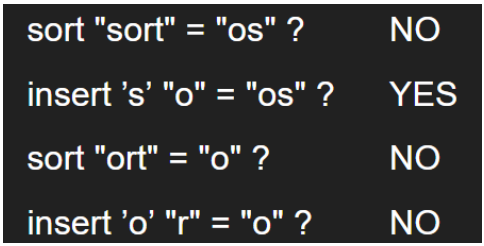


Рис. 2. Пример использования библиотеки Freja

В конце отладчик утверждает, раскрытие какого редекса является причиной наблюдаемой ошибки, то есть определение какой функции является неправильным. Первый вопрос всегда начинается с функции main. Если на вопрос о раскрытие редекса функции получен ответ «нет», то следующий вопрос применяется для оценки правой части определения этой функции.

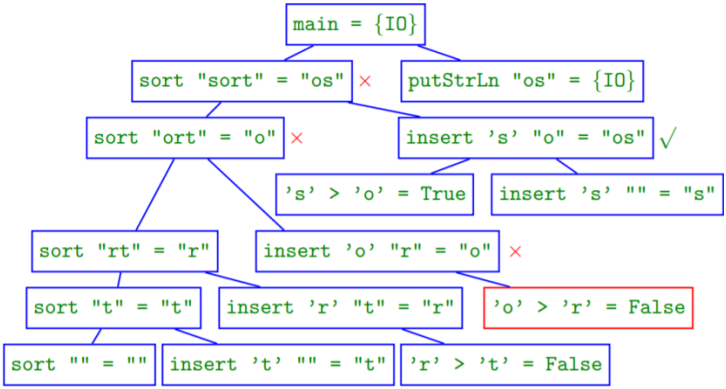


Рис. 3. Визуализация пользовательской сессии библиотеки Freja

Freja может использоваться как обыкновенный отладчик. Ответ «нет» означает «войти внутрь функции», а ответ «да» означает «перейти к следующей функции». Если раскрытие редекса функции является неправильным, а все сокращения в правой части функции являются правильными, то определение этой функции должно быть неправильным для заданных аргументов.

Система Redex Trail System состоит из модифицированной версии компилятора Haskell и отдельной программы браузера. Программа, скомпилированная для трассировки, выполняется как обычно, за

исключением того, что вместо завершения в конце она открывает браузер Redex Trail и показывает вывод программы. Пользователь выбирает выражение и спрашивает браузер о его родительском редексе.

Родительский редекс выражения – это редекс, в результате раскрытия которого получается это выражение. У каждой части редекса снова есть родительский редекс, который браузер показывает по требованию. Все заканчивается на функции main, у которой нет родителя. Отладка с помощью системы Redex Trail работает путем движения от ошибочного вывода или сообщения об ошибке назад вверх к родителям, до обнаружения ошибки.

В основном, система используется следующим образом для обнаружения ошибки в программе

```
main = let xs = [4*2, 3+6] in (head xs, last xs)
head (x:xs)=x
last (x:xs)= last xs
last [x]=x
```

Программа прерывается с сообщением об ошибке, и браузер напрямую отображает родительский redex: last[]. Пользователь обнаруживает, что последняя функция вызывается с пустым списком в качестве аргумента, и запрашивает у браузера родительский редекс last[ ]. Ответ last[3 + 6] проясняет, что определение last указано неверно для списка из одного элемента. Браузер (рис. 4) также может показать, где в тексте программы последний раз вызывается с помощью пустого списка в уравнении для последнего (x: xs).

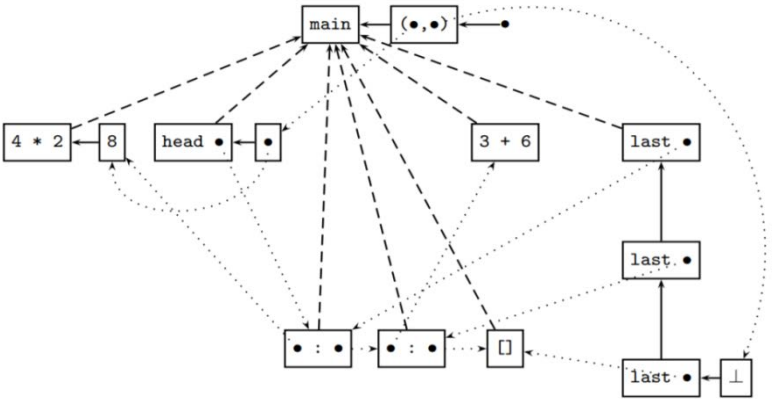


Рис. 4. Redex Trail graph

Еще один метод, упоминаемый в ряде статей по отладке программ на языке Haskell, – это так называемые trusted функции. Данный метод направлен на сокращение времени отладки программы и заключается в том, что “проверенные функции” отмечаются программистом как trusted. Считается, что они работают правильно и не нуждаются в отладке.

Реализация выглядит следующим образом: используется модификатор “trusted”, который исключает данную функцию из отладки другими методами. Результат функции будет считаться верным, пошаговая отладка не зайдет внутрь данной функции, в логах не будет промежуточного результата, если пользователь поставит другие модификаторы, например, observe на родительский редекс.

3. Методы отладки для языка F#

F# использует отладку методом пошагового выполнения программы и использование точек останова. Во время работы отладчика будут открыты такие окна, как «Модули» (Modules) и «Наблюдения» (Watch). Переменные в окне «Локальные» (Locals) или выражения в окне «Наблюдения» (Watch) будут доступны только тогда, когда отладчик приостановлен в точке останова. Это также известно как «режим прерывания», при котором операции приостанавливаются, и все элементы программы могут быть проверены на правильность.

Как только программа останавливается на какой-то строчке можно нажать F11, чтобы перейти на следующую строку с остановкой на каждой строке. Важно отметить, что условие рассматривается как один шаг, а результат – как отдельный шаг. Если функция является вложенным вызовом, отладка перейдет к самой глубокой вложенной функции в этом вызове. F10 позволяет пройти по функциям избегая входа внутрь каждой функции, что ускоряет отладку таким методом.

Другой распространенный аспект отладки – запуск до установленной точки останова. Эту точку останова можно установить вручную или определить с помощью условия или функции, а также запустить ее в положении курсора или щелкнуть мышью.

Чтобы установить точку останова, нажмите F9 или переключите точку останова в соответствующем раскрывающемся меню в Debug. Также можно нажать слева от номера строки и на поле слева от кода появится красная точка, указывающая на строку, к которой перейдет отладчик.

Кроме того, отладчик может работать с указанной функцией. Это можно сделать, указав функцию по имени или выбрав ее из стека вызовов.

В режиме отладки можно поставить автоматическую остановку на срабатывание различных исключений (Exceptions). При этом можно указать тип исключений либо останавливаться на любых исключениях.

Когда в отладчике срабатывает пауза, желтая стрелка указывает на следующую строку, которую нужно выполнить. Однако это можно изменить вручную, если требуется пропуск. Пока отладчик находится в режиме прерывания, можно переместить стрелку на нужную строку. Затем отладчик немедленно пропустит все прерывистые строки. Следует отметить один важный аспект: переход назад не приведет к отмене уже выполненных инструкций.

Дополнительные команды отладчика, такие как «Add Watch» и «Go to Disassembly», работают должным образом. Однако, отладчик не распознает выражения F#, выражения должны быть переведены в синтаксис C# во время отладки.

4. Методы отладки для языка Common Lisp

Рассмотрим методы отладки языка Common Lisp. Конечно, в этом языке тоже есть метод отладки выводом (print debugging) Команда print работает, она печатает читаемое (readable) представление своего аргумента. Команда princ фокусируется на эстетике вывода. С помощью нее можно изменять формат вывода для более удобного чтения.

Пример: (with-output-to-string (princ "The buffer is ") (princ (buffer-name)))

Выводит: "The buffer is foo".

Также формат вывода можно менять с помощью функции format, похожую на printf в языке Си, она выводит в консоль текст, при этом специальные выражения заменяются на аргументы после текста.

```
(defvar a 4)
(format T "2 + 2 = ~d" a)
```

Выводит: `"2 + 2 = 4"`.

Логирование – следующий этап эволюции после отладки путем вывода. В языке для этого есть различные инструменты. Но давайте рассмотрим библиотеку log4cl. Для начала модификатор log к выражению отправляет в консоль значение выражения:

(defvar *foo* '(:a :b :c))(log:info *foo*)

Выводит: “<INFO> [13:36:49] cl-user () – *FOO*: (:A :B :C)”

Таким образом, можно выводить текст и выражения, при этом использовать специально форматирование

(log:info "foo is " *foo*)

Выводит: ";; <INFO> [13:37:22] cl-user () – foo is *FOO*: (:A :B :C)".

(log:info "foo is ~{~a~}" *foo*)

Выводит: ";; <INFO> [13:39:05] cl-user () – foo is ABC".

В языке Common Lisp также есть функция inspect вывода сложной структуры данных. Например, если есть коллекция данных, то при

обычном выводе все запишется в одну строку, без указания индексов. В случае inspect произойдет построчный вывод всех элементов коллекции с указанием индексов.

(inspect *foo*)

Выводит:

```
The object is a proper list of length 3.
0. 0: :A
1. 1: :B
2. 2: :C
```

Функция trace позволяет отслеживать вызовы определенной функции. Например, это будет эффективно для рекурсивных функций (см. рис. 5).

```
(trace factorial)

(factorial 2)
  0: (FACTORIAL 3)
    1: (FACTORIAL 2)
      2: (FACTORIAL 1)
        3: (FACTORIAL 0)
        3: FACTORIAL returned 1
      2: FACTORIAL returned 1
    1: FACTORIAL returned 2
  0: FACTORIAL returned 6
6

(untrace factorial)
```

Рис. 5. След функции (factorial 2)

При этом можно остановить слежение за функцией – (untrace factorial).

Заключение

В процессе отладки программисты пользуются различными методами. Базовыми методами отладки считаются: метод вывода промежуточного результата (print debug) и пошаговое исполнение (breakpoint debug). В связи с недетерминированностью работы функциональных Cloud Sisal программ базовые методы могут оказаться не столь эффективными как для императивных программ.

Поэтому в ходе выполнения данной работы были изучены специальные методы отладки функциональных программ на языках Haskell, F# и Common Lisp и из них были выбраны для отладки Cloud Sisal программ продвинутые методы отладки языка Haskell: Freja – интерактивное раскрытие редексов, Hood – слежение за изменением данных, и Redex Trail System – визуализация дерева раскрытия редексов. На их основе были разработаны методы отладки Cloud Sisal программ и выполнена их экспериментальная реализация для представительного подмножества языка Cloud Sisal.

Предложенные в работе методы представляют интерес для применения в системе CPPS, поскольку они дополняют используемые в системе методы визуальной отладки Cloud Sisal программ на основе их графового представления [2, 4] и опираются на успешную практику применения подобных методов для других функциональных языков.

Список литературы

1. Система облачного параллельного программирования CPPS: визуализация и верификация Cloud Sisal программ / В. Н. Касьянов [и др.] ; под ред. В. Н. Касьянова. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020. – 256 с.

2. Касьянов, В. Н. Программные средства поддержки дистанционного обучения функциональному программированию / В. Н. Касьянов, А. А. Малышев // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXI Международной научно-методической конференции / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2021. – С. 1834–1842.

3. Касьянов, В. Н. Язык программирования Cloud Sisal / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск, 2018. – 45 с. – (Препринт/ РАН, Сиб. отд-ние, ИСИ; N181).

4. Касьянов, В. Н. Методы и алгоритмы визуализации графовых представлений функциональных программ / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин, Д. С. Гордеев // Программирование. – 2019. – № 4. – С. 19–27.

Название Особенности использования системы электронного обучения Moodle в образовательном процессе

Н. В. Кожуренко, email: kozhurenko@msu.by

Могилевский государственный университет имени. А. А. Кулешова

Аннотация. *Внедрение электронных образовательных ресурсов в высшие учебные заведения способствует повышению качества образования. В данной работе рассматриваются особенности использования системы Moodle на аудиторных занятиях в высшей школе, выделены основные преимущества, недостатки, разобраны возможные проблемы и указаны пути их решения.*

Ключевые слова: *Электронные образовательные ресурсы, система электронного обучения Moodle, смешанное обучение, тестовый контроль знаний.*

Введение

В настоящее время электронные образовательные ресурсы занимают одно из центральных мест в нашем образовании, являясь одним из самых перспективных методов информатизации учебного процесса. Применение становится актуальной задачей в высших учебных заведениях, так как решает множество проблем, возникающих в процессе обучения. Благодаря их использованию, обучение становится более доступным и эффективным, интересным и разнообразным. Использование электронных ресурсов влияет на качество усвоения материала, повышает мотивацию у студентов, что также не маловажно в образовательном процессе. Таким образом, можно сделать вывод, что учреждения высшего образования должны внедрять и усовершенствовать подобные формы обучения, что способно перевести образование на новый уровень, повышая тем самым качество нашего образования.

Качество полученных студентом знаний является одним из главных вопросов при использовании любой формы образования, будь то дневная, заочная или дистанционное обучение. Под качеством знаний будем понимать уровень усвоения пройденного материала, выраженный через оценку. Успех преподавания зависит как от грамотного изложения материала, полноценной самостоятельной работы студентов, так и от систематической проверки знаний и навыков студентов [1]. На каждом из этих этапов обучения возможно использование электронных образовательных ресурсов.

© Кожуренко Н. В., 2022

1. Система электронного обучения Moodle в условиях смешанного обучения

Наибольшую популярность сегодня набирает система электронного обучения или виртуальная обучающая среда Moodle. Дистанционная система обучения является незаменимой при проведении онлайн-курсов и также может использоваться при организации смешанного обучения, на котором мы остановимся подробнее. Последнее подразумевает комбинацию традиционных занятий в высшем учебном заведении с самостоятельной работой студентов в дистанционных курсах.

К преимуществам смешанного обучения относится возможность:

- организации самостоятельного обучения;
- устранить пробелы в знаниях, полученных по причине отсутствия студентов на лекционных занятиях;
- повторения пройденного материала;
- осуществления контроля полученных студентами знаний.

2. Использование системы Moodle на примере учебной дисциплины «Основы алгоритмизации и программирования»

Рассмотрим преимущества дистанционного курса на примере учебной дисциплины «Основы алгоритмизации и программирования», предназначенной для студентов, получающих образование по специальности 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий». Дисциплина предусматривает лекционные и лабораторные занятия.

Электронный лекционный курс по данной дисциплине представлен в виде определения основных понятий, опорных конспектов, схем. В то же время в рамках аудиторных занятий имеет смысл подробно рассмотреть сложные принципиальные аспекты темы, в которых студенту будет сложно разобрать самостоятельно, разобрать примеры вычислительных алгоритмов. Не следует пытаться максимально подробно изложить электронный материал, т.к. это привет к результату, обратному ожидаемому: студент не будет внимателен на аудиторных лекционных занятиях, надеясь на электронный исчерпывающий материал. Таким образом, использование системы MOODLE на лекционных занятиях позволяет оптимизировать работу преподавателя, способствует активизации познавательной деятельности учащихся.

Лабораторные работы размещены в Moodle и представляют собой разобранные задачи с подробным решением и комментариями по каждой из тем курса и индивидуальные задания для самостоятельного решения. Разобранные задачи рассматриваются на аудиторных занятиях, все возникающие вопросы разрешаются. Каждая лабораторная работа представлена как элемент Задание, указываются сроки их выполнения,

формы предъявления преподавателю, критерии оценки и т. д. Таким образом студент осваивает содержание дисциплины в индивидуальном темпе на доступном для себя уровне.

В качестве инструмента для осуществления контроля качества знаний студентов используется элемент Тест, в котором организован опрос по каждой из тем курса. При разработке тестовых заданий и прохождении тестирования необходимо учитывать следующее:

1. Тест студенты проходят в аудитории, без возможности использования среды программирования, т. к. большинство вопросов представляют собой фрагмент кода, с необходимостью указания результата его выполнения [2].

Например:

Результатом выполнения следующего фрагмента кода

```
int n, i;
for (i=0,n=0; i<5; i++)
     {
          if (i<3) continue;
          n++;
     }
```

будет значение переменной n, равное…

Выберите один ответ:

а) 5

б) 0

в) 2

г) 4

2. Использовать вопросы с числовым ответом, без предложенных вариантов. Это даст возможность учащемуся думать самостоятельно.

Например:

Сколько байт занимает в памяти компьютера массив, который задан следующим образом:

```
int mass[2][5]={1,2,3}
```

3. Использовать вопросы с коротким ответом, без предложенных вариантов.

Например:

Какой служебный знак ставится после оператора case ?

4. Избегать вопросов выбора из двух вариантов, т. к. в данном случае велика вероятность угадывания ответа.

Например:

Верно ли в C++ описание массива

```
char str[]={'1','2','+'};
```

5. Время, отводимое на тестирование, не должно быть слишком продолжительным, при этом должно быть достаточным для того, чтобы студент успел ответить на поставленные вопросы [1, 3].

Заключение

Таким образом, дистанционное обучение в среде Moodle позволяет организовать продуктивную самостоятельную работу студента по овладению учебной дисциплиной, способствует формированию мобильности, умению искать и овладевать новыми знаниями; придает новое качество обучению, обеспечивая постоянный доступ к информации в любой момент времени, позволяет обеспечить эффективную обратную связь.

Список литературы

1. Кожуренко, Н. В. Текущий контроль знаний студентов в условиях дистанционного обучения / Н. В. Кожуренко // Итоги научных исследований ученых МГУ имени А. А. Кулешова : материалы научно-методической конференции, Могилев, 28 января – 12 февраля 2021 г. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2021. – С. 87–88.

2. Кожуренко, Н. В. Концепция использования тестового контроля знаний при обучении программированию / Н. В. Кожуренко, Л. А. Мороз // Фундаментальная наука и образовательная практика : материалы XI Республиканского научно-методологического семинара «Актуальные проблемы современного естествознания», Минск, 3 декабря 2020 г. – Минск : РИВШ, 2020. – С. 258–261.

3. Кожуренко, Н. В. Применение современных информационных технологий для оценки качества знаний учащихся / Н. В. Кожуренко, О. В. Шконда // Математическое образование: современное состояние и перспективы: к 100-летию со дня рождения доктора педагогических наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР Абрама Ароновича Столяра : материалы Международной научной конференции, 20–21 февраля 2019 г. / Министерство образования Республики Беларусь, МГУ имени А. А. Кулешова. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2019. – С. 375–379.

Название Использование платформы «СберКласс» как эффективный инструмент повышения качества образования

Л. Н. Копалиани, e-mail: ramaz-kopaliani@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №25 с углубленным изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б.И. Рябцева» г. Россоши Россошанского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *Хорошим инструментом для обеспечения результативной и увлеченной работы школьников является персонализированный подход, который акцентирует внимание в образовании на развитие у учащихся навыков 21 века: умения ставить и достигать поставленных целей, понимать себя и уметь слушать собеседника. Таким инструментом реализации персонализированного образования является платформа «СберКласс».*

Ключевые слова: *Платформа, навыки 21 века, СберКласс, модули, уровень усвоения материала, культура учения, система ориентиров, персонализированное образование.*

Введение

Источником разрыва между нормой и деятельностью является скорость изменения мира и тех условий, в которых будут жить дети. Сегодня можно говорить о таком понятии как меняющийся, сложный мир, в котором царит нестабильность, изменчивость, неопределенность условий социализации выпускников школ, сложность, неясность, неоднозначность, двусмысленность. Эти процессы свойственны различным сферам жизнедеятельности: экономике, экологии, финансам, политике, образованию.

Период изменения жизни человека сократился до 5-6 лет, что в 2 раза меньше, чем период освоения основных образовательных программ общего образования. Таким образом, можно говорить о том, что с момента начала обучения и до завершения учеником образовательного цикла мир изменится дважды. Значит, перед системой образования ставится задача опережающего развития. Такое положение вещей заставляет педагога задуматься: какие же инновационные подходы, формы, методы, технологии и средства обучения необходимо применять в учебном процессе, понимая, что современному выпускнику важно

© Копалиани Л. Н., 2022

формировать такие компетенции, как умение принимать грамотные и ответственные решения, критически мыслить, креативность.

Современному выпускнику важно не только много знать, но и формировать навыки 21 века: обладать умением быстро ориентироваться в различных неопределенных ситуациях, быть всегда готовым к самообучению, самостоятельно осуществлять поиск нужной информации, проводить её анализ, ставить перед собой цели и задачи и оценивать достигнутые результаты, осваивать новые технологии, быть лидером (или руководителем) при выполнении одних задач и исполнителем (участником общего дела) при выполнении других, уметь работать в команде.

1. Платформа «СберКласс» – инструмент реализации персонализированного образования

Хорошим инструментом для обеспечения результативной и увлеченной работы школьников является персонализированный подход, который акцентирует внимание в образовании на развитие у учащихся навыков 21 века: умения ставить и достигать поставленных целей, понимать себя и уметь слушать собеседника [1].

Таким инструментом реализации персонализированного образования как перспективной модели инновационного развития в МБОУ «СОШ №25 с УИОП им. Б. И. Рябцева» г. Россоши стала платформа «СберКласс».

Часто в своей практике я сталкиваюсь с несоответствием личностных интересов учеников и содержанием учебных программ, а также несовершенством механизмов, позволяющих формировать у обучающихся навыки самостоятельной учебной деятельности с учетом уровня их развития, индивидуальных особенностей и интересов. Учащиеся часто не имеют мотивацию к обучению, они не активны, не учитываются в обучении их индивидуальные особенности.

Платформа «СберКласс» даёт возможность моим ученикам планировать индивидуальную образовательную траекторию, ставить или выбирать необходимые для себя учебные цели и задачи, управлять собственным временем и темпом обучения, выбирать те или иные упражнения, способы и приёмы их решения и проверки, работать индивидуально или в группе, мотивировать себя и других.

Платформа «СберКласс» позволяет снизить мои трудозатраты в организации онлайн-среды: отборе учебных материалов и разработке контента, создании проверочных форм, а также у меня появляются возможности для профессионального развития при работе на данном ресурсе.

Часто перед образовательной организацией ставится такая проблема: какую платформу использовать школе для электронного обучения. Единого решения здесь нет: обучать детей могут при помощи самых разных цифровых инструментов. Часто родители не знают, как выглядит образовательная платформа, которую используют учителя для организации обучения. Бывает так, что для каждого предмета учителя используют различные платформы. Контролировать работу учащихся родители не могут из-за разнообразия учебных платформ.

«СберКласс» позволяет сложить все ресурсы для обучения на одной единой платформе, в свою очередь у родителей появляется возможность следить за успехами своего ребенка по всем предметам и акцентировать внимание на том, чего он уже добился, а не на том, что у него не получается.

Обучение с помощью платформы «СберКласс» позволяет формировать культуру учения: развитие ответственной самостоятельности, взаимодействие с детьми, предметно-пространственную среду класса.

Также с помощью этого контента происходит формирование системы ориентиров: откуда и куда двигаться в учении, «дорожная карта» для самостоятельной учебной деятельности, «переговорная база» для обсуждения с учителем своих планов, достижений и перспектив на будущее.

Образовательный процесс построен по модульному принципу, который позволяет увеличить гибкость и вариативность данных осваиваемых программ. При работе на данной цифровой платформе я не делю материал на классную и домашнюю работу, учитываю лишь фактические трудозатраты обучающегося, основная работа ученика проходит в классе, а не дома. При таком электронном обучении отсутствуют понятия: «пропущенные уроки», «пропущенные модули», так как всегда существует возможность вернуться и наверстать упущенное [2].

При таком персонализированном обучении, инструментом для которого является данная платформа «СберКласс», есть много возможностей для коммуникации, ученик не сидит постоянно за одним только компьютером, ему предоставляются различные способы на выбор для взаимодействия: работа в паре, в группе.

Также «СберКласс» позволяет мне уйти от таких рутинных процессов как планирование и оценивание, так как на платформе они автоматизируются, что помогает экономить учебное время. Благодаря автоматизированной проверке большей части заданий, существует возможность осуществлять оперативную обратную связь по результатам

выполнения отдельных заданий и модуля в целом. То есть цифровая платформа помогает ученику самостоятельно учиться, а учителю учить, выполняя различные роли: методиста, тьютора, психолога.

«СберКласс» даёт мне возможность конструировать свои собственные модули школьного уровня для персонализированного обучения, а также есть возможность дополнять учебные модули, размещенные на платформе и разработанные методологами, вариативным материалом, проверочными работами, не нарушая при этом общую структуру.

Межпредметные модули, которые я размещаю на платформе и разрабатываю на стыке нескольких учебных предметов, например, математики и истории, математики и литературы, позволяют компенсировать фрагментарность содержания образования, повысить его актуальность.

В учебных модулях, которые расположены на платформе, используется трехуровневая шкала учебных целей, что помогает учащимся выбрать себе то задание, которое соответствует его способностям и текущим знаниям:

1.0 – это начальный уровень заинтересованности к изучению данного модуля, используется для диагностики;

2.0 – это первый уровень – уровень простейшего понимания, это действия по образцу, это базовый, минимальный для усвоения учеников уровень;

3.0 – это второй уровень – целевое умение, на которое направлено содержание модуля; анализ и понимание, которое можно применить к разным примерам и обстоятельствам;

4.0 – это третий уровень, который заключается в исследовании, проектировании, переносе знаний и умений в другой предмет или дисциплинарную область, или междисциплинарное умение, применение знаний в практических ситуациях.

Заключение

Платформа «СберКласс» способствует созданию в МБОУ «СОШ №25 с УИОП им. Б. И. Рябцева» предметно-образовательной среды, ориентированной на развитие каждого обучающегося в соответствии с выбранной индивидуальной траекторией, направленной на персональное, современное образование, формирование навыков 21 века.

Таким образом, актуальность необходимости развития персонализации образовательной деятельности через платформу «СберКласс» очевидна, учитывая цели образования на современном этапе, выдвигающие высокие требования к уровню развития учащихся, которого они должны достичь к моменту окончания школы.

Персонализация обеспечивает глубокое проникновение в сущность изучаемой проблемы, повышает личное участие каждого обучающегося, его интерес и мотивацию к учению.

Список литературы

1. Васильченко, С. Х. Формирование персональной образовательной среды на основе информационных технологий для реализации индивидуальных траекторий обучения : дис. канд. пед. наук : 13.00.02 / Васильченко Светлана Хамзаевна. – М., 2012. – 197 с.

2. Ермаков, Д. С. Персонализированная модель в «цифре» / Д. С. Ермаков, П. Н. Кириллов // Научно-публицистический журнал «Образовательная политика». – 2019. – №3 (79). – С. 132–141.

Применение цифровых инструментов в преподавании гуманитарных дисциплин на примере курса «История (история России, всеобщая история)»

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru [1]
С. А. Лавлинский, email: selav07@rambler.ru [1]

[1] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается использование цифровых инструментов: Google Презентации, Google Документы, Miro и Mentimeter, в преподавании дисциплины «История (история России, всеобщая история)».*

Ключевые слова: *Цифровизация, цифровые инструменты, история, образование, гуманитарные дисциплины, дистанционное обучение.*

Введение

Дисциплина «История (история России, всеобщая история)» относится к блоку гуманитарных, социальных и экономических дисциплин Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и входит в базовую часть. Целью изучения дисциплины является:

– способствование формированию гражданских, нравственных качеств и ценностей на исторических примерах;

– выявление закономерностей исторического развития и возможности предвидения будущего на основе анализа исторических событий прошлого и настоящего;

– выявление альтернативы общественного развития на разных этапах исторического процесса.

– Основными задачами учебной дисциплины являются:

– изучение социально-политических процессов, происходивших в стране на различных этапах её развития;

– осмысление таких важнейших проблем, как демократия и диктатура, революции и реформы, политика и экономика, социальная структура российского общества, национальные процессы, основные направления внешней политики; государства – анализ альтернативных путей развития Российского государства.

© Копытина Е. А., Лавлинский С. А., 2022

– развитие способности анализировать и оценивать факты, явления и события, раскрывать причинно-следственные связи между ними.

Главной отличительной особенностью данной дисциплины от других гуманитарных дисциплин является установление причинно-следственных связей между социальными, политическими, экономическими аспектами исторического процесса с целью использования результатов анализа прошлого для принятия верных решений в настоящем и успешного моделирования будущего, как показано в [1–4], что делает внедрение цифровых инструментов в преподавание дисциплины весьма нетривиальной задачей, приобретающей особое значение в условиях дистанционной формы обучения.

1. Использование Google Презентации

Google Презентации – удобный инструмент для создания презентаций в режиме online. Благодаря хранению на Google Диске, они всегда доступны при наличии подключения к сети.

В преподавании дисциплины «История (история России, всеобщая история)» на слайды выносятся основные тезисы лекционного занятия, размещаются исторические карты (см. рис. 1), а также QR-коды для удобного использования цифровых инструментов, о которых также будет написано ниже.



Рис. 1. Слайд Google Презентации лекционного занятия по теме «Великая Отечественная война»

2. Использование Google Документы и инструментов образовательного портала «Электронный университет ВГУ»

Google Документы удобно использовать при проведении контроля знаний при очной форме обучения: обучающиеся готовятся к семинару используя учебные материалы, размещенные в курсе дисциплины в образовательном портале «Электронный университет ВГУ», затем им на семинарском занятии предоставляется ссылка на Google документ-«летопись», который обучающиеся анализируют, а затем проходят опрос с использованием Mentimeter.

При дистанционном обучении документ-«летопись» размещен в определенном разделе курса на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» с помощью элемента «Файл»; обучающиеся проходят тестирование, которое создано благодаря элементу курса «Тест», после анализа документа-«летописи» (см. рис. 2).

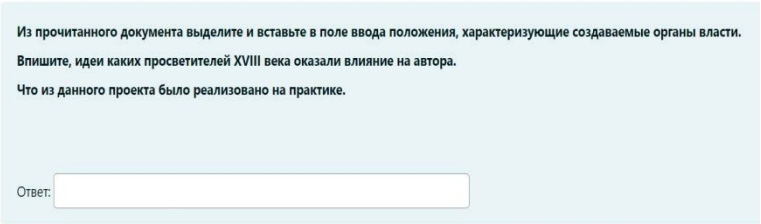


Рис. 2. Пример вопроса в образовательном портале «Электронный университет ВГУ»

3. Использование Mentimeter

Mentimeter – инструмент для проведения опросов, который обеспечивает мгновенную обратную связь от аудитории. Его удобно использовать для опроса студентов в режиме реального времени как в самой аудитории, поскольку он доступен на мобильных устройствах, так и в электронной образовательной среде при дистанционном обучении, как показано в [5, 6].

В процессе преподавания дисциплины «История (история России, всеобщая история)» используется «Вопрос с открытым ответом». Респондент вводит ответ в текстовом виде в поле ответа. Результаты могут отображаться в разных форматах: в виде прямоугольных блоков, облака слов, слов, которые находятся друг под другом (см. рис. 3).

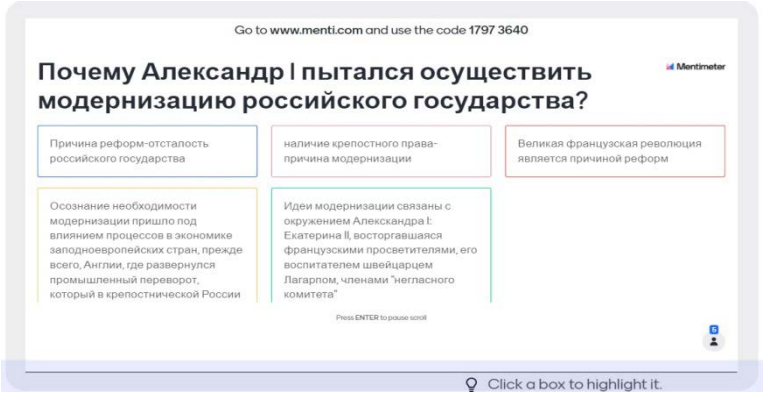


Рис. 3. Пример использования инструмента Mentimeter на семинарском занятии по теме «Попытки модернизации России в первой половине XIX века»

4. Использование Miro

Miro – инструмент для командной работы, который позволяет участникам совместно работать над заданием (проектом) [7].

В рамках дисциплины «История (история России, всеобщая история)» на семинарском занятии обучающиеся могут быть разделены на несколько команд и формировать совместный ответ на вопрос как раз при помощи данной бесконечной маркерной доски (см. рис. 4), как показано в [8].



Рис. 4. Пример использования инструмента Miro на семинарском занятии по теме «Попытки модернизации России в первой половине XIX века»

Заключение

Цифровизация, безусловно, является новой парадигмой развития и затронула абсолютно все сферы жизни современного общества, в том числе и образование.

Блок гуманитарных, социальных и экономических дисциплин хуже всего подвержен внедрению цифровых инструментов, в отличии, например, от профильных ИТ дисциплин, но тем не менее в настоящее время разработано достаточное количество таковых, например, описанные в данной статье свободные и доступные инструменты от Google, Mentimeter и Miro позволяют проводить занятия в динамичной интерактивной форме с максимальной степенью вовлеченности обучающихся в образовательный процесс дисциплины «История (история России, всеобщая история)».

Список литературы

1. Отечественная история : учебное пособие для студентов неисторических специальностей / Д. В. Акимов [и др.]. – Воронеж : Издательство Истоки, 2010. – 328 с.

2. Глазьев, В. Н. Кафедра политической истории / В. Н. Глазьев // Исторический факультет Воронежского государственного университета : к 70-летнему юбилею / под ред. В. Н. Глазьева. – Воронеж : Истоки, 2010. – С. 162–167.

3. Лавлинский, С. А. Советский Союз в 60-х – первой половине 80-х годов XX века / С. А. Лавлинский // История : учебное пособие / Д. В. Акимов [и др.] ; Воронеж. гос. ун-т ; под ред. В. Н. Глазьева. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – С. 380–395.

4. Лавлинский, С. А. Экономические проблемы России в годы первой мировой войны / С. А. Лавлинский // Государство и общество: взаимодействие и противостояния : материалы 11-ой региональной научной конференции, Воронеж, 2017 года / редакционная коллегия: В. Н. Глазьев (отв. ред.), Д. В. Акимов, О. В. Сахарова ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательство Истоки, 2017. – С. 122–127.

5. Копытина, Е. А. Аспекты дистанционного формата обучения дополнительного образования школьников в сфере информационных технологий на примере курсов Яндекс.Лицея / Е. А. Копытина, А. В. Копытин, Ю. В. Шишко // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XXI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2021 года. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2021. – С. 2082–2086.

6. Копытина, Е. А. Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий на примере курса «Основы

программирования на языке Python» Яндекс.Лицея / Е. А. Копытина, А. В. Копытин, Ю. В. Шишко // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XX Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13–14 февраля 2020 года / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 1830–1834.

7. Miro [Электронный ресурс] : collaboration platform. – Режим доступа: https://miro.com/app/dashboard/

8. Работа в Miro [Электронный ресурс] : система управления обучением. – Режим доступа: https://startpack.ru/application/realtimeboard-whiteboard

Психологическое сопровождение участников образовательного процесса через цифровую образовательную платформу «Дневник.ру»

О. Е. Кузьмина, email: klimkuz@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя школа № 69 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение цифровой платформы «Дневник.ру» в дистанционном режиме работы педагога-психолога. Внедрение данного ресурса в психологическую практику позволяет сделать работу школьного психолога более продуктивной и эффективной в период пандемии. Данная платформа эффективно дополняет традиционные формы работы психолога в школе, расширяя его возможности в организации взаимодействия с другими участниками образовательного процесса.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, психологическое сопровождение, цифровая платформа, электронные ресурсы, участники образовательного процесса.*

Введение

Карантинные условия жизни и условия самоизоляции в России потребовали перехода учреждений образования на дистанционное обучение. Он стал общей проблемой, необыкновенно сплачивающей педагогическое сообщество новыми требованиями к уровню самоорганизации, мобильности, самоотверженности каждого, настоящей проверкой личности и ее человеческих качеств.

Особую роль в данный период играют психологические службы школ, которые так же перешли на онлайн-сопровождение [1].

На сегодняшний день психологическое сопровождение участников образовательного процесса в школе чаще всего проходит через цифровую образовательную платформу «Дневник.ру». Данная платформа является основной для взаимодействия со всеми участниками образовательного процесса.

При этом ее использование эффективно дополняет традиционные формы работы психолога в школе, расширяя его возможности в организации взаимодействия с другими участниками образовательного процесса.

© Кузьмина О. Е., 2022

1. Описание работы педагога-психолога с помощью платформы «Дневник.ру»

Информатизацию деятельности педагога-психолога в школе можно рассмотреть по следующим направлениям:

– Психологическое просвещение и консультирование.
– Психодиагностика.
– Коррекция и развитие личности.
– Психологическое сопровождение педагогов.
– Совершенствование профессиональной компетентности психолога.

Все эти направления можно реализовывать с помощью платформы «Дневник.ру». Информационная система «Дневник.ру» позволяет создать единую информационно-образовательную сеть для основных участников образовательного процесса. Он представляет собой современный и удобный инструмент взаимодействия учителей, родителей и учащихся.

С помощью сервисов системы «Дневник.ру» пользователь, имеющий к нему доступ, может оперативно получить необходимую ему информацию, связанную не только с процессом обучения но и психологическую поддержку, консультацию. С помощью сетевого взаимодействия можно намного быстрее решить проблему, донести информацию до представителей целевых групп [2].

«Дневник.ру» реализует следующие возможности для психологического сопровождения:

– ведение информационных сообщений на странице класса;
– ведение личной переписки с каждым участником образовательного процесса;
– выдача и получение заданий;
– использование ресурсов библиотеки художественной литературы, медиатеки.

В «Дневник.ру» есть все основные функции социальных сетей, которые адаптированы для использования в школах, и позволяют общаться между собой ученикам, учителям, родителям.

Потенциальные пользователи электронного дневника – это родители, школьники, учителя.

Для современных школьников система электронного дневника – это удобная форма просмотра расписания школьных предметов на всю неделю и текущих домашних заданий, а также она позволяет им быть в курсе всех событий школьной жизни. Дневник дает ученику возможность общаться с психологом школы как индивидуально, так и на

странице класса. Он создает дополнительную мотивацию учащегося к повышению успеваемости и закреплению достигнутых успехов.

Электронный дневник призван вызвать интерес у школьников к самому процессу обучения и активному участию в школьных мероприятиях.

Для родителей электронный дневник в рамках Интернет-проекта «Дневник.ру» дает возможность наладить эффективное взаимодействие с образовательным учреждением, в котором учится их ребенок. Он позволяет оперативно получать самую свежую и достоверную информацию обо всех мероприятиях и событиях школьной жизни, ознакомиться с новостями. Также существует возможность интерактивного общения родителей с психологом школы.

Для учителей электронный дневник – это быстрый и удобный способ общения с родителями учеников, самими детьми, своими коллегами. С помощью раздела «Учительская» педагог-психолог оперативно доносит информацию по актуальным проблемам.

Заключение

Цифровые технологии уже изменили весь образовательный опыт в лучшую сторону, от средней школы до высшего образования, поскольку его принципы: интерактивность, адаптивность, гибкость, модульность, оперативность и объективность, удобство и полнота доступа ко всем занятиям в удобное время в любом месте, где есть технические средства.

Таким образом, полноценное осуществление педагогом-психологом профессиональной деятельности невозможно без использования информационных технологий. Мобильность, быстрота работы школьного психолога при использовании информационных технологий позволяет качественно реализовывать психологическое сопровождение всех участников образовательного процесса.

Список литературы

1. Еременко, Н. А. Возможности использования ИКТ и Интернет-ресурсов в деятельности педагога-психолога [Электронный ресура] / Н. А. Еременко. – Режим доступа: http://www.it-n.ru/com

2. Рекомендации для специалистов психологической службы в системе образования, в связи с распространением коронавирусной инфекции (COVID-19) [Электронный ресурс] // Письмо Министерства просвещения РФ от 27 марта 2020 г. N 07-2446 «О направлении информации». – Режим доступа:
https://rossvyaz.ru/deyatelnost/informaciya-v-svyazi-s-koronavirusnoi-infekciei-covid-19

Формирование адаптивного контента электронного учебного курса на основе анализа образовательных данных

Т. В. Ларичева, email: tatatv@yandex.ru
И. Н. Цветкова, email: irina_tsvetkova_@mail.ru
Г. В. Малько, email: g.malko@niu.ranepa.ru
Е. В. Григорьева, email: e.grigoreva@niu.ranepa.ru

Нижегородский институт управления – филиал ФГБОУ ВО
«Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте РФ»

Аннотация. *В данной работе описывается методика разработки адаптивного контента электронного курса на основе анализа образовательных данных – степени освоения компетенций обучающимися.*

Ключевые слова: *Адаптивное обучение, система дистанционного обучения, анализ образовательных данных.*

Введение

В последние годы в России наблюдается динамичное развитие электронного образования. Сегодня образовательные учреждения предлагают сотни тысяч различных онлайн-курсов, в рамках которых учебная группа насчитывает десятки и сотни человек. На начальном этапе развития электронного обучения достаточно было эффективно представить учебный материал, используя современные средства информационных технологий. В настоящий момент на передний план выходят вопросы персонализации обучения: какой контент будет адекватным для конкретного студента в данный момент, какая задача будет оптимальной для него с точки зрения трудности? Ответы на эти вопросы могут дать адаптивные образовательные технологии. Речь идет о сервисах, приложениях, программах и платформах для адаптивного обучения, в которых электронный учебный контент подстраивается под студентов: предъявляется в нужный момент, в удобной форме и в оптимальной последовательности.

В настоящее время разработано и постоянно совершенствуется большое количество систем управления обучением (learning management system – LMS). Можно отметить такие системы как Blackboard, e-College, Dazzler, HyperStudio, Seminar, e-Learning Server компании ГиперМетод, ATutor, Дельфин, Пегас. Они позволяют создавать информационные

© Ларичева Т. В., Цветкова И. Н., Малько Г. В., Григорьева Е. В., 2022

образовательные ресурсы, создавать обучающие курсы, выполнять администрирование.

Предполагается, что на основе анализа образовательных данных, с помощью специальных интеллектуальных алгоритмов система управления обучением может формировать оптимальные траектории обучения для каждого студента и корректировать их в зависимости от результатов обучения [1].

1. Методика разработки адаптивного контента курса «Электронный бизнес»

В Нижегородском институте управления – филиале РАНХиГС (НИУ РАНХиГС) на конец 2021 года в систему дистанционного обучения (СДО), разработанную на базе LMS Moodle вовлечено 100% студентов. Именно LMS Moodle является наилучшей платформой для поиска технических решений в сфере адаптивного обучения. Тот факт, что система распространяется под лицензией GNU GPL, т.е. является программным обеспечением с открытыми исходными кодами, позволяет на её основе построить собственную систему с требуемыми функциональными возможностями: контролировать выполнение заданий; формировать индивидуальные наборы учебно-тренировочных задач; адаптировать структуру информационных ресурсов в соответствии с характеристиками пользователей.

Источниками образовательных данных студента НИУ РАНХиГС могут выступать:

– информация, вводимая самим обучающимся о ее/его деятельности, и оценка результативности обучения и проч.;

– информация, вводимая иными участниками образовательных активностей, в том числе преподавателями дисциплин, специалистами деканатов, администраторами СДО ВУЗа и пр.;

– автоматизированная фиксация и передача данных от электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) НИУ РАНХиГС [2].

Методически реализацию адаптивного обучения можно представить в виде нескольких этапов, которые мы рассмотрим на примере электронного курса «Электронный бизнес», разработанного для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

На первом этапе формируется база элементарных компетенций – субкомпетенций [3]. Для этого компетенции, которые студент приобретает по окончании курса, необходимо декомпозировать на субкомпетенции.

В качестве компетенции к декомпозиции была выбрана ПК-10: Способность принимать участие во внедрении, адаптации и настройке

информационных систем. Одна из компетенций, формируемых в рамках дисциплины «Электронный бизнес» и определенная образовательной программой по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» [4]. В результате декомпозиции мы получили сеть, состоящую из 57 субкомпетенций.

Для декомпозиции использовалось инструментальное средство создания интеллект-карт Xmind, которое позволяет производить экспорт данных в формат XHTML. Эта функция дает возможность дальнейшей обработки информации в других средах разработки.

На втором этапе разрабатывается база учебных элементов – логически завершенных единиц образовательной информации, которые будут формировать выделенные субкомпетенции. Каждый учебный элемент должен раскрывать один или несколько терминов или понятий, либо формировать определенные практические навыки.

Одну и ту же субкомпетенцию могут обеспечивать несколько учебных элементов, в то же время, один учебный элемент может обеспечивать более, чем одну субкомпетенцию.

При этом, чтобы приступить к освоению любого учебного элемента, студент должен обладать набором входных субкомпетенций. То есть любой учебный элемент также характеризуются набором входных субкомпетенций, необходимых студенту для того, чтобы приступить к его освоению.

Поскольку выходные субкомпетенции одного учебного элемента являются входными для другого, то все элементы находятся в связи друг с другом, образуя сеть.

Траектория обучения студента будет формироваться на основе выбора необходимых к освоению субкомпетенций.

Процесс обучения студента будет выглядеть как предъявление ему учебных элементов для освоения согласно выбранных субкомпетенций.

На третьем этапе необходимо организовать теоретический материал, сформировать задания и оценку результатов обучения у студента, которые на каждом шаге соответствовали бы его уровню усвоения материала.

Ориентируясь на базу субкомпетенций, преподаватель, создает электронный курс. При этом он использует только базовые ресурсы и элементы системы Moodle. Он определяет набор учебных компонентов для первоначальной структуры курса. Учебный компонент – это элементарный неделимый блок материала, который может быть представлен любым базовым ресурсом или элементом системы: текстовой страницей, веб-страницей, ссылкой на файл, веб-страницу или пункт глоссария, заданием, вопросом теста.

Преподаватель, разрабатывающий курс обучения, определяет набор компонент для первоначальной структуры курса обучения, то есть начальное представление дидактического материала студенту.

При этом преподаватель может использовать как тематическую, так календарную структуризацию курса.

Затем преподаватель формирует банк вопросов для данного курса.

Все вопросы в банке упорядочены по категориям, которые соответствуют формируемым субкомпетенциям. По умолчанию для каждого учебного элемента создается отдельная категория, кроме того, существуют категории, совпадающие с общими категориями нескольких учебных элементов. Перед созданием вопроса нужно выбрать категорию, к которой будет относиться этот вопрос.

На следующем этапе студент изучает тематический материал. Далее он проходит рубежный контроль, в ходе которого происходит сбор образовательных данных для классификации текущего уровня знаний пользователя.

Для автоматизированного построения адаптивной структуры курса на основе анализа образовательных данных необходимо разработать плагин для LMS на основе сетей Петри. Сети Петри назначены для адекватного представления и анализа структуры динамически дискретных моделей сложных систем и логико-временных особенностей процессов и функционирования [5]. Данный компонент будет реализован на языке PHP с использованием базы данных MySQL.

Рассматриваемая система состоит из отдельных взаимодействующих учебных компонент. Каждая компонента имеет свое состояние. Состояние компоненты – это абстракция соответствующей информации, необходимой для описания ее (будущих) действий. Состояние компоненты зависит от предыстории этой компоненты, со временем состояние компоненты будет меняться. Действиям компонент системы присущи совмещенность или параллелизм. Действия одной компоненты системы могут производиться одновременно с действиями других компонент [3].

Набор конкретных позиций и переходов описывается нечеткой переменной «присутствие элемента», и для каждого пользователя будет существовать какой-то один конкретный набор учебных элементов. Этим обусловлена нечеткость в структуре модели. Преподавателю, который разрабатывает курс обучения, предлагается выбрать для каждого элемента значение нечеткой переменной «присутствие», определяющей коэффициент, допустим ni, из списка возможных значений.

Вектор ответов после прохождения рубежного контроля знаний является входными данными для нейросети. На выходе нейросети

выдается нечеткая оценка уровня знаний пользователя. На основе этой оценки подбирается набор учебных элементов. Используя данную оценку и процедурную модель, описанную в статье [1], формируется оптимальный набор учебно-тренировочных задач. Таким образом исходя из нечеткой оценки уровня успеваемости пользователя для него подбирается набор учебных элементов. В рассматриваемом курсе примером нечеткой оценки могут быть знания по теме «Введение в электронный бизнес» – слегка неудовлетворительные. Система на основе данной оценки анализирует набор учебных элементов и назначает другие весовые коэффициенты ni, соответствующие лингвистической переменной «присутствие» элемента. Те элементы, чье значение переменной «присутствие» больше 0.5, т. е. элемент полностью присутствует, будут поставлены в рекомендованную структуру курса обучения.

На основе этого подхода можно разработать плагин, который позволит генерировать структуру курса обучения, состоящую из набора элементов учебного материала, рассчитанного на конкретного студента с его успеваемостью. После генерирования новой структуры курса обучения пользователь вновь проходит все этапы, описанные выше.

То есть из базы данных были выбраны только те учебные элементы, которые требуются для успешного освоения материала. Обучение продолжается до тех пор, пока качественная оценка уровня подготовки студента не станет равной требуемой преподавателем, тогда курс считается пройденным успешно.

Заключение

Адаптивное обучение в общем виде строится по следующей схеме. Сначала происходит сбор информации о том, как учится человек (например, что вызывает затруднения, в каких задачах и какие именно ошибки он делает), затем с помощью специальных математических моделей и алгоритмов осуществляется анализ образовательных данных, и, наконец, на третьем этапе идет подбор обучающего контента в соответствии с полученными данными анализа образовательных данных.

Для генерации адаптивной структуры курса обучения, состоящего из набора элементов учебного материала, рассчитанных на конкретного студента с его успеваемостью, можно разработать плагин.

Конечно, подготовка электронного образовательного курса, применяемого в рамках адаптивного обучения, требует большого количества времени, командной работы специалистов разных сфер. Тем не менее, его применение дает существенные преимущества по сравнению с традиционным подходом.

Список литературы

1. Попова, Ю. Б. От LMS к адаптивным обучающим системам / Ю. Б Попова // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 2. – С. 58–64.

2. Цветкова, И. Н. Электронная информационно-образовательная среда Нижегородского института управления – филиала РАНХиГС: опыт разработки и использования / И. Н. Цветкова, Е. А. Болотова // Инновационные технологии в образовательной деятельности : материалы Всероссийской научно-методической конференции (Нижний Новгород, 4 февраля 2017 г.). – Нижний Новгород, 2017. – С. 224-228.

3. Кречетов, И. А. Реализация методов адаптивного обучения / И. А. Кречетов, В. В. Романенко // Вопросы образования. – 2020. – №2. – С. 252-276.

4. Ларичева, Т. В. Кадры для цифровой экономики: особенности разработки образовательных программ с учетом профессиональных стандартов / Т. В. Ларичева, Н. Л. Ивина, И. Н. Цветкова // Инновационные технологии в образовательной деятельности : материалы Всероссийской научно-методической конференции (Нижний Новгород, 6 февраля 2019 г.). – Нижний Новгород, 2019. – С. 103-108.

5. Использование нейронных сетей в образовании / О. М. Бакунова [и др.] // WEB OF SCHOLAR. – 2018. – № 1. – С. 8-10.

Изучение принципов построения и анализ звуковых рядов

Т. В. Лютина, e-mail: lyutin_v_i@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Аннотация. *Приводятся результаты разработки программного обеспечения для проведения занятий по изучению принципов построения и анализа звуковых рядов и контроля знаний учащихся в диалоговом режиме на примерах построения любой из 30-ти музыкальных гамм квинтового круга.*

Ключевые слова: *Квинтовый круг, теория музыки, гамма, нотная грамота, звукоряд.*

Введение

При обучении теории музыки одним из важных вопросов является изучение принципа построения звуковых рядов.

В связи с необходимостью мотивации учащихся актуальным становится применение компьютеров на уроках теории музыки как контролирующе-обучающих устройств.

Цель работы – разработка программного обеспечения для повышения эффективности и качества проведения занятий по теории музыки с применением компьютеров в диалоговом режиме.

1. Постановка задачи

При обучении детей теории музыки возникает противоречие между необходимостью изучения нотной грамоты и неприятием учащимися заниматься строгой теорией. Одним из способов мотивации к изучению принципов построения звуковых радов является применение персональных компьютеров на уроках теории музыки с применением программного обеспечения, моделирующего игровую ситуацию, заключающуюся в показе набора числа правильных или ошибочных ответов из общего числа заданных вопросов.

2. Построение программы

Программа предназначена для изучения принципов построения и анализа звуковых рядов и проведения контроля знаний учащихся в диалоговом режиме на примере построения любой из 30-ти музыкальных гамм квинтового круга [1]. В ходе работы с программой учащемуся

© Лютина Т. В., 2022

задаются вопросы по правилам построения звукоряда, по результатам ответов на экране монитора отображается подтверждение правильности ответа или указания на ошибку, а также последовательно появляются графические символы изучаемого звукоряда на предварительно построенном нотоносце. По окончании работы с программой учащийся записывает построенную гамму в тетрадь и получает оценку за работу. Дружественность интерфейса обеспечивается перечнем вариантов ответов на каждый вопрос и выбором ответа в виде однозначного числа. При использовании интерактивной доски или видеопроектора в качестве монитора применение программы допускает проведение групповых занятий с вызовом ученика к доске.

Программа состоит из четырёх частей: выбор звукоряда; построение звукоряда (гаммы) вверх; построение звукоряда (гаммы) вниз; оценка за работу. Ответы на запросы программы вводятся в виде одноразрядных десятичных чисел от 0 до 7. В программе предусмотрено предотвращение поступления данных при случайном нажатии других клавиш, тем не менее, остальные клавиши накрываются прозрачной декоративной крышкой для предотвращения их нажатия.

На каждый вопрос учащемуся предлагаются варианты ответов, среди которых он должен сделать выбор. Одним из вариантов ответов является ответ «Не знаю». При правильном выборе под заданным вопросом появляется сообщение «Правильно, …», при неправильном – «Неправильно,…». При неправильном ответе и при ответе «Не знаю» число ошибок увеличивается на единицу. Затем появляется сообщение о правильном ответе. Во всех случаях на нотоносце изображается символ нотной грамоты, соответствующий правильному ответу. На рис. 1 приведена структурная схема алгоритма разработанной программы.

Вопросы разделяются на сложные и на простые. К простому вопросу относится вопрос о звуке (ноте) очередной ступени, остальные вопросы – сложные. В процессе ответа копятся баллы. За правильный ответ на простой вопрос – $\Delta = 1$ балл, за сложный – $\Delta = 10$ баллов, за ошибочный ответ или ответ «не знаю» – 0 баллов. Число простых вопросов для каждого звукоряда – 16, число сложных от одного (до-мажор) до 16-ти (ля-диез и ля-бемоль минор мелодические).

Оценка вычисляется по формуле

$$e = \begin{cases} 5 & при \quad N_{ош} = 0 \\ \text{int}[5 \cdot b_a / b_o + 0.2] & при \quad N_{ош} \neq 0 \\ 2 & при \quad \text{int}[5 \cdot b_a / b_o + 0.2] < 2, \end{cases} \qquad (1)$$

где $N_{ош}$ – число ошибочных ответов и ответов «не знаю», int[•] – целая часть выражения в скобках; b_a и b_o – набранное число баллов и возможное число баллов для выбранного звукоряда.

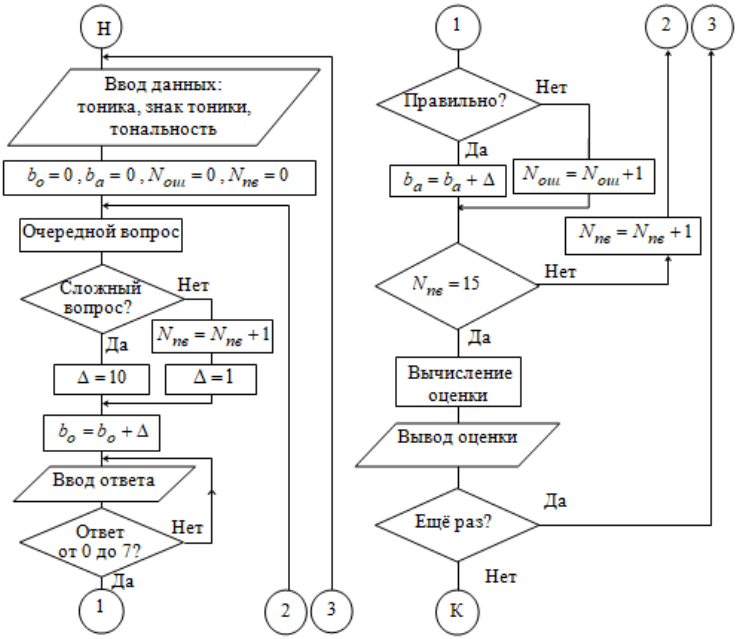


Рис. 1. Структурная схема программы

При выборе звукоряда задаются вопросы, определяющие исходные данные:

- готовы начать работу? (1 – да,0 – нет);
- выберите тонику: 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си;
- выберите знак тоники: 0 – нет знака, 1 – диез, 2 – бемоль;
- выберите тональность: 1 – мажор; 2 – минор мелодический; 3 – минор гармонический.

Затем спрашивается подтверждение: «Данные введены правильно? (1 – да, 0 – нет)».

При ответе 0 (нет) выбор звукоряда повторяется, при ответе 1 (да) экран монитора очищается, в верхней половине устанавливаются

счётчики вопросов и ошибок и вычерчиваются нотоносец и скрипичный ключ для построения звукоряда.

На рис. 2 показан вид экрана монитора при формировании исходных данных. Белый квадрат в конце текста показывает положение курсора и определяет позицию вводимого данного.

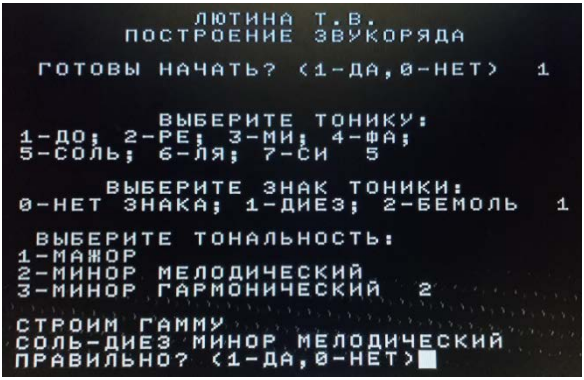


Рис. 2. Исходные данные для построения звукоряда

Во второй части выполняется построение звукоряда (гаммы) вверх или с возрастанием тона звучания. Перечень задаваемых вопросов:

– какие знаки при ключе: 0 – нет знаков, 1 – диезы, 2 – бемоли, 3 – не знаю;

– сколько знаков при ключе: 1…7, 0 – не знаю;

– очередной знак при ключе: 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си, 0 – не знаю;

– сколько ступеней изменяет знак: 0; 1; 2; 3 – не знаю (для минорных звукорядов);

– какая ступень изменяет знак: 1…7, 0 – не знаю;

– звук (нота) очередной ступени (от 1 до 7): 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си, 0 – не знаю;

– знак при 6-й (7-й) ступени (для минорных звукорядов): 1 – диез, 2 – бемоль, 3 – бекар, 4 – дубль-диез, 5 – дубль-бемоль, 0 – не знаю.

По завершении построения звукоряда вверх учащемуся предлагается выполнить действие:

– перепишите звукоряд (гамму) в тетрадь, готово? (1 – да,0 – нет).

На рис. 3 показан вид экрана монитора с построенным вверх звукорядом. Для мажорных и минорных гармонических звукорядов по завершении построения звукоряда вверх ставится тактовая черта. При построении минорных мелодических звукорядов тактовая черта в конце

нотоносца на экране не ставится, чтобы при построении звукоряда вниз показать возвращение знаков перед 6-й и 7-й ступенями.



Рис. 3. Результаты построения звукоряда при возрастании тона звучания

В третьей части выполняется построение звукоряда (гаммы) вниз или с понижением тона звучания. Перечень задаваемых вопросов:

– звук (нота) очередной ступени (от 1 до 7): 1 – до, 2 – ре, 3 – ми, 4 – фа, 5 – соль, 6 – ля, 7 – си, 0 – не знаю;

– знак при 6-й (7-й) ступени (для минорных звукорядов): 1 – диез, 2 – бемоль, 3 – бекар, 4 – дубль-диез, 5 – дубль-бемоль, 0 – не знаю.

По завершении построения звукоряда вниз в конце нотоносца ставится двойная тактовая черта и учащемуся предлагается выполнить действие: «Перепишите звукоряд (гамму) в тетрадь, готово? (1-да,0-нет)».

В четвёртой части выставляется оценка за работу учащегося и предлагается выполнить работу ещё раз: «За построение звукоряда (гаммы) оценка 5 (от 2 до 5), построить звукоряд (гамму) ещё раз? (1-да,0-нет)».

На рис. 4 показан вид экрана монитора с построенным вниз звукорядом и оценкой за работу.

Разработанная программа была составлена для компьютера «Электроника БК-00 10-01» в 1989 году на языке ФОКАЛ [2] и применена на уроках теории музыки в Детской школе искусств №1 города Ташкента и в Детской школе искусств №11 города Воронежа. В 1990 году программа переработана на языке «Бейсик» для компьютера «Правец», рекомендованного для использования в общеобразовательных школах Узбекской ССР. У учащихся эта программа вызывала стремление

построить звукоряд ещё и ещё раз, посещаемость уроков теории музыки и успеваемость повысились.



Рис. 4. Результаты построения звукоряда при понижении тона звучания

В настоящее время программа готовится к оформлению в среде MS DOS, эмулятор ФОКАЛ для IBM PC. Выбор для программирования языков ФОКАЛ и Бейсик обусловлен возможностями этих языков совмещать графический и текстовый режимы вывода данных на экран, а также возможностью возврата вверх по экрану. Кроме того, в языке ФОКАЛ можно организовать ввод данных нажатием одной клавиши без использования клавиши «ввод команды» (Enter).

Заключение

Таким образом, в настоящей работе приведены результаты разработки программного обеспечения для проведения занятий по теории музыки с применением компьютеров в диалоговом режиме. Работа с программой носит игровой характер, когда ученику представляется возможность добиться победы. Применение программы в учебном процессе исключает субъективный фактор при простановке оценки учащемуся за работу.

Список литературы

1. Калмыков, Б., Фридкин, Г. Сольфеджио : / Б. Калмыков, Г. Фридкин. – М. : Музыка, 1971. – 160 с.

2. Микро-ЭВМ «Электроника БК 0010-01». Программное обеспечение, язык ФОКАЛ : Руководство пользователя. – 1989. – 180 с.

Технологические аспекты создания цифровых учебных материалов для поколения Z

Н. А. Моисеева, email: nat_lion@mail.ru·

Омский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе представлены базовые технологические компоненты цифровых (дигитальных) учебных материалов для обучения поколения Z. Автором обобщены группы цифровых технологий для создания цифровых учебных материалов; приведены примеры программных средств для их разработки.*

Ключевые слова: *Цифровая образовательная среда, цифровые технологии, цифровые (дигитальные) учебные материалы, поколение Z, цифровые (дигитальные) компетенции.*

Введение

Одним из результатов Федерального проекта «Цифровая образовательная среда» и цифровой трансформации образования является разработка и внедрение цифровой образовательной среды (ЦСО) образовательной организации в ее экосистему. При этом в эпоху глобальной дигитализации реализация современных федеральных стандартов высшего образования нового поколения требует интенсивного внедрения цифровых технологий и технологий электронного обучения, в том числе использования цифровых (дигитальных) учебных материалов при обучении современных студентов, которые относятся к поколению Z. Представители данного поколения воспринимают информацию в мультимедийном формате намного лучше, чем текст больших объемов с простыми элементами систематизации учебного контента (таблицы, схемы).

В этой связи, одним из эффективных средств организации процесса обучения в среде ЦОС университета являются цифровые (дигитальные) учебные материалы [1-9 и др.], которые опубликованы в цифровом формате. При этом необходимо отметить, что цифровые учебные материалы способствуют развитию цифровых компетенций и поддерживают познавательный интерес к обучению.

Необходимо заметить, что существует широкий спектр цифровых технологий, методов и средств, которые позволяют создать цифровые (дигитальные) учебные материалы любого уровня сложности.

© Моисеева Н. А., 2022

1. Цифровые (дигитальные) учебные материалы как важный компонент электронных образовательных ресурсов ЦОС экосистемы университета

Цифровые учебные материалы – это прежде всего инновация и тенденция в области электронного обучения и дистанционных образовательных технологий [1, 2, 3, 5]. В настоящее время к цифровым учебным материалам относится широкий спектр электронных образовательных ресурсов таких как электронные учебники, электронные рабочие книги, электронные рабочие тетради, учебные видеоролики и др [7, 9]. Как правило такие учебные материалы реализованы в мультимедийном формате. Рассмотрим некоторые примеры цифровых учебных материалов, которые широко применяются для организации учебного процесса поколения Z [11].

В Приказе Минобразования от 19.06.1998 № 1646 “О создании Федерального экспертного совета по учебным электронным изданиям” дается определения понятия электронного учебника как «основное учебное электронное издание, созданное на высоком научном и методическом уровне».

В Приказе Минобразования от 19.06.1998 № 1646 “О создании Федерального экспертного совета по учебным электронным изданиям” дается определения понятия электронного учебника как «основное учебное электронное издание, созданное на высоком научном и методическом уровне».

Электронное учебное пособие – «образовательное электронное издание, частично или полностью заменяющее или дополняющее учебник и официально утвержденное в качестве данного вида издания. Электронное учебное пособие не может быть сведено к бумажному варианту без потери дидактических свойств» [6, с. 81–82].

Аналитически обзор источников [1, 4, 5, 7, 8, 9 и др.] позволяет кратко сформулировать базовые технологические аспекты создания дигитальных учебных материалов:

– цифровой учебный контент, большая часть которого представлена в мультимедийном формате;

– интерактивная система примеров решения задач и заданий;

[11] **Поколение Z** (*англ.* Generation Z) – термин, применяемый в мире для поколения тех людей, которые родились примерно в период с 1997 по 2012 гг. Этих людей также называют **зумерами** (*англ.* Homelanders, Homeland Generation, Zoomers или New Silent Generation).
Для поколения Z характерно активное использование планшетов, виртуальной и 3D-реальности. Термин «поколение Z» рассматривается в качестве синонима термина «цифровой гражданин». Большинство представителей поколения Z интересуются наукой и технологиями.

– интерактивная система контроля/ самоконтроля и оценки уровня сформированности как цифровых компетенций студента, так и профессиональных компетенций;

– удобная интерактивная система навигации по составляющим цифровых учебных материалов на основе гипертекстовой технологии и гипермедиа;

– актуальная система гиперссылок на другие электронные образовательные ресурсы, в том числе массовые открытые онлайн-курсы и электронные библиотечные системы, доступные университету.

Кроме того, цифровые учебные материалы позволяют реализовать принципы личностно-ориентированного подхода к обучению, что способствует повышению качества обучения и подготовки будущих специалистов для современного информационного общества.

2. Обзор цифровых технологий создания цифровых учебных материалов

Для создания цифровых учебных материалов существует достаточно большой выбор платных, условно-бесплатных и бесплатных программных средств, онлайн-сервисов [4].

Рассмотрим соответствующие группы программного обеспечения (ПО) для создания цифровых учебных материалов.

Группа 1. Прикладное ПО общего назначения:

– приложения интегрированных офисных пакетов для работы с текстовыми документами любой сложности, электронными таблицами, мультимедийными компьютерными презентациями. Например, офисные пакеты Microsoft Office, LibreOffice, OpenOffice и др.;

– пакет программ, для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF. Например, Adobe Acrobat;

– графические редакторы. Например, Adobe PhotoShop, Corel Draw, 3ds Max и др.;

– видео- и графические редакторы для создания анимированной инфографики и видеороликов. Например, Adobe Premier, онлайн-сервис «Обьясняшки», Sparkol VideoScribePro Edition и др.;

– мультимедийные платформы для создания Web-приложений или мультимедийных flash презентаций. Например, Adobe Flash Professional CS3, Alligator Flash Designer, Macromedia Flash и др.;

– программы для создания Web-сайтов. Например, Adobe Dreamweaver, Базиум, Webflow и др.

Группа 2. Инструментальное ПО (языки и среды программирования): Например, Microsoft Visual C++, JavaScript, Java, Ajax, ASP.NET, DHTML и др.

Группа 3. Специальные инструментальные средства, авторские системы, представляющие собой оболочку, в которую интегрированы все необходимые инструменты цифровых технологий для разработки цифровых учебных материалов с «нуля». Например, iSpring Suite, SunRav BookOffice, ToolBook и др.

Заключение

Подводя итоги, необходимо отметить, что рассмотренные цифровые технологии для разработки цифровых (дигитальных) учебных материалов позволяют преподавателю создать цифровой учебный контент с удобной системой навигации в нем и интерактивную систему контроля и оценки цифровых компетенций студентов, а также другие вышеуказанные базовые технологические компоненты таких материалов. Впоследствии такой учебный материал целесообразно внедрить в среду ЦОС университета; также можно разместить его в локальной вычислительной сети кафедры; дать студентам домой для самостоятельного изучения некоторых модулей/разделов/тем какой-либо дисциплины; использовать его в цифровом учебном кейсе дисциплины, размещенном в системе дистанционного обучения университета.

Список литературы

1. Спецкурс «Технологии создания электронных учебных пособий» как средство обучения разработке электронных учебных изданий [Электронный ресурс] / И. В. Акимова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – Режим доступа: https://science-education.ru/ru/article/view?id=29078

2. Основы разработки электронных учебных изданий / Г. В. Алексеев [и др.]. – СПб. : Лань, 2016. – 144 с.

3. Беспалько, В. П. Киберпедагогика. Педагогические основы управляемого компьютером обучения (E-Learning) / В. П. Беспалько. – М. : T8RUGRAM/Народное образование, 2018. – 240 с.

4. Моисеева, Н. А. Видео-презентация как важный компонент мультимедийных электронных образовательных ресурсов / Н. А. Моисеева // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XX Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13–14 февраля 2020 года / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 1999–2004.

5. Моисеева, Н. А. Медиакурс по информатике для будущих инженеров: создание и применение в современном учебном процессе / Н. А. Моисеева // сборник трудов участников VI Всероссийской научно-практической конференции «Методика преподавания математических

и естественнонаучных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития» (Омск, 04 июля 2019 г.). – Омск, 2019. – С. 259–261.

6. Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования / сост. И. В. Роберт, Т. А. Лавина. – М. : ИИО РАО, 2009. – 44 с.

7. Features of Digital Educational Content in the Organization of Distance Learning in Vocational Education / I. Desnenko, E. Pakhomova // Scholarly Notes of Transbaikal State University. – Transbaikal State University, 2020. – № 5. – V. 15.

8. Nocar, David. Educational hardware and software: digital technology and digital educational content [Электронный ресурс] / David Nocar, Tang Qianjun, Květoslav Bártek // proc. 8th International Conference on Education and New Learning Technologies. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/305280664_EDUCATIONAL_HARDWARE_AND_SOFTWARE_DIGITAL_TECHNOLOGY_AND_DIGITAL_EDUCATIONAL_CONTENT

9. Niyazova, G.Zh. Digital transformation of education and research of opportunities for creating digital educational content / G. Zh. Niyazova, A. A. Mindetbaeva, Sh. A. Maripov // Bulletin of Academy of Pedagogical Scienses of Kazakhstan. – 2020. – № 5 (97). – P. 5-12.

Распределенная система группового тестирования и оценки знаний

Н. А. Молева, email: namoleva@gmail.com [1]
А. А. Молев, email: alexei_molev@mail.ru [2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается автоматизированная система для тестирования оценки знаний обучающихся. Описан подход к организации задачи проверки знаний с применением технологии «клиент-сервер», а также приведены примеры работы программы с созданием уникальных тестов для произвольного количества пользователей. Разработанная программа может быть использована для автоматизации работы в больших группах с целью исключения ошибок при вводе и выводе данных в задачах, ускорения процесса обработки результатов тестирования и повышения удобства при анализе преподавателем.*

Ключевые слова: *Дистанционное обучение, технология клиент-сервер, система тестирования, Python, XML-формат, автоматизированные системы обучения.*

Введение

В настоящее время использование современных технологий в обучении стало повсеместным явлением. Это изменило подход к образованию в целом и обучению в частности. В нашей стране дистанционные информационные образовательные технологии получили интенсивное развитие и стали завоевывать свое место в образовательном процессе наряду с традиционными формами обучения.

Под дистанционными образовательными программами понимаются технологии, реализуемые в основном с применением информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и преподавателя.

В настоящее время в Воронежском государственном университете все электронное образование осуществляется посредством электронной платформы Moodle [1]. Авторы позиционируют ее как среду с широчайшими возможностями для реализации обучающих курсов и обладающей простотой в использовании.

© Молева Н. А., Молев А. А., 2022

Однако эта система имеет ряд недостатков, связанных с формированием и загрузкой данных для тестирования. Для каждого задания необходимо заполнять вручную большое количество полей, причем для разных вариантов каждый раз нужно самостоятельно загружать один и тот же тип задач, чтобы исключить возможность списывания. Также каждого задания отдельно загружается ответ с настройками критериев оценивания [2].

Следующим недостатком является недостаточная стабильность платформы, то есть система может аварийно завершить свою работу и не дать возможность закончить тестирование. Кроме того, в ряде случаев, правильный ответ засчитывался платформой как ошибочный, несмотря на корректность соблюдения регистра и языка ввода ответа.

Указанные факторы определяют актуальность разработки распределенной системы тестирования знаний обучающихся, с заданиями, формируемыми автоматически в соответствии с предметом и темой обучения, что является целью настоящей работы.

1. Общее описание системы тестирования

Сущность предлагаемого подхода заключается в выполнении обучающимися на своих компьютерах тестовых заданий, автоматической проверки правильности их выполнения, сборе итоговой статистики и отправке ее на сервер для анализа преподавателем.

В обобщенном виде принцип работы системы тестирования приведен на рис. 1 и заключается в следующем. Первоначально осуществляется идентификация пользователя, необходимая для последующего анализа результатов преподавателем. Это может быть ФИО студента или номер его студенческого билета в зависимости от того, какие данные внесены в систему для связки пользователя с внутренними элементами программы.

Далее выбирается предмет (курс), направление курса (раздел) и тема. Здесь дополнительно может быть указано направление, на котором учится студент для разгрузки задач соответствующего уровня сложности.

После этого обучающийся выполняет задания (решает тесты). Для каждого задания автоматически проверяется результат его выполнения и отображается на экране, а после выполнения всех заданий отображается общая оценка результатов, которая отправляется на сервер. Результаты решения заданий, загруженные на сервер, используются преподавателем для анализа степени изучения дисциплины и достигнутого уровня знаний как отдельными студентами, так и группой.

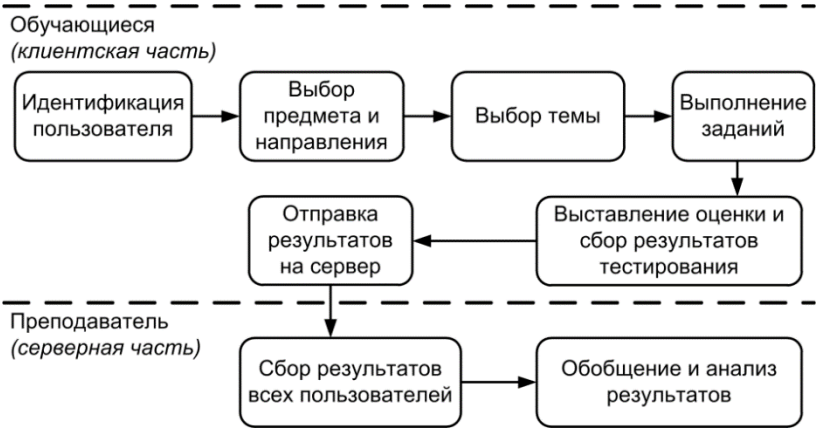


Рис. 1. Обобщённая схема функционирования

Система тестирования включает в себя две основных части – серверную и клиентские (рис. 2).

Серверная часть содержит модуль управления и оценки результатов, модуль обмена данными и модули с заданиями.

Клиентские части включают в себя модуль тестирования, модуль обмена данными и, загружаемые в зависимости от предмета, конфигурационные файлы и модули с заданиями, загружаемые в соответствии с выбранным предметом, направлением и темой.

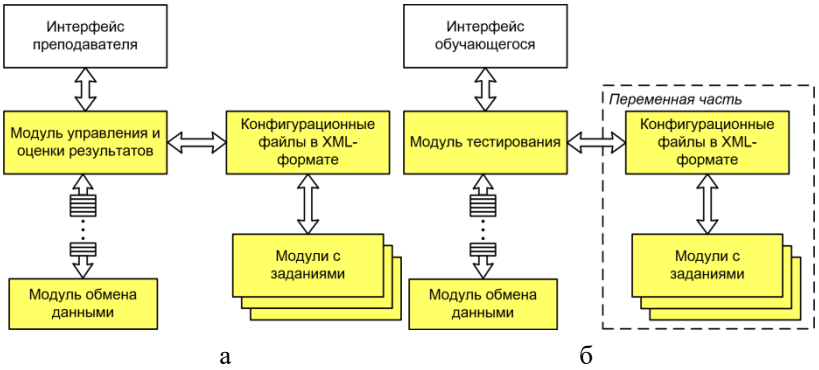


Рис. 2. Структура программы

2. Реализация программы

Система тестирования реализована на языке Python, с применением которого возможно гибко модифицировать элементы программы без перекомпиляции ее в полном объеме, а также обладает кроссплатформенностью, что позволяет не ограничиваться рамками операционной системы Windows, и иметь возможность запуска разработанной программы в любой современной операционной системе, поддерживающей интерпретатор языка [3].

Основой для формирования модулей тестирования является использование унифицированного описания в формате XML (eXtensible Markup Language). С помощью XML-описания автоматически формируется интерфейс ввода/отображения принимаемой и передаваемой информации, а также запуск модулей тестирования. Использование XML-формата обуславливается его удобством для описания информации, имеющей заранее определенную структуру [4].

Для задания структуры заданий, отображаемых модулями тестирования, используется XML-описание, структура которого в виде диаграммы XSD приведена на рис. 3. На верхнем уровне располагается элемент TRAINER, включающий в себя совокупность элементов SUBJECT, каждый из которых соответствует отдельному предмету обучения. Для каждого предмета задается атрибут NAME – наименование предмета. Предметы включают перечень тем TOPIC, для каждой из которых задаются атрибуты двух видов – name и module, соответствующие наименованию и файлу .py с заданиями для этой темы. Внутри каждой темы содержатся задания TASK, каждое из которых характеризуется атрибутами name и function – наименование и функция в файле с заданиями, который указан в теме.

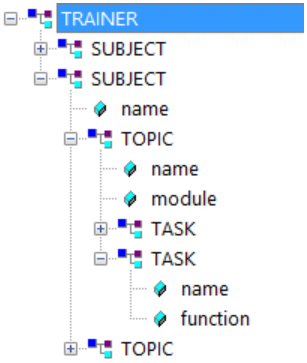


Рис. 3. XSD-диаграмма описания конфигурационных файлов

В качестве примера приведен фрагмент XML-описания файла конфигурации для предметов «Математика» и «Информатика» и имеющего вид:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?><!DOCTYPE TRAINER []>
<TRAINER>
    <SUBJECT name="Математика">
    </SUBJECT>
    <SUBJECT name="Информатика">
        <TOPIC name="Алфавитный подход " module="informatics">
            <TASK name="Автомобильные номера"
function="autonomera"/>
            <TASK name="Номера спортсменов"
function="nomerasport"/>
        </TOPIC>
        <TOPIC name="Системы счисления" module="system_calc">
            <TASK name="Перевод из одной системы счисления"
function="trans"/>
            <TASK name="Определение основания системы
счисления" function="def_base"/>
        </TOPIC>
    </SUBJECT>
</TRAINER>
```

На приведенном примере видно, что здесь пользователь может выбрать предмет, по которому он собирается проходить тестирование, а дальше на примере дисциплины «Информатика» переходит к выбору основных тем, а уже внутри них находятся соответствующие тесты.

Особенностью реализации программы является формирование заданий со случайными параметрами и автоматическая проверка правильности их выполнения в соответствии с программным кодом, что позволяет для каждого обучающегося создавать неповторяющиеся варианты заданий для любого количества студентов в группе, исключив ручные операции ввода набора заданий, ответов на них и их проверки.

В этой части как раз и решаются основные проблемы, существующие в платформе Moodle [2]. Для исключения списывания студентами необходимо заполнить форму такое количество раз, чтобы число вопросов было для каждого индивидуальным. На заполнение одного вопроса требуется примерно порядка 10 минут, при условии, что все задачи решены, и все ответы уже есть в готовом виде.

Преимуществом распределенной системы является однократное написание кода для задачи, где числа в номера берутся случайным образом с помощью функции randint [3]. Далее система сама решает и сверяет данные, внесенные пользователем.

Пример задания «Автомобильные номера» [5] для темы «Алфавитный подход» приведен на рис. 4, а результат выполнения программы – на рис. 5.

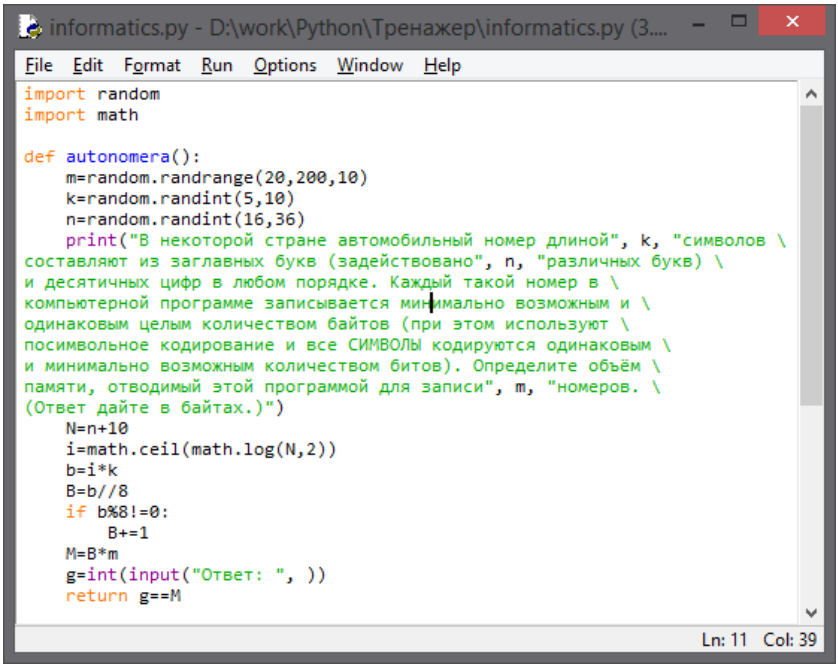


Рис. 4. Пример задания «Автомобильные номера»

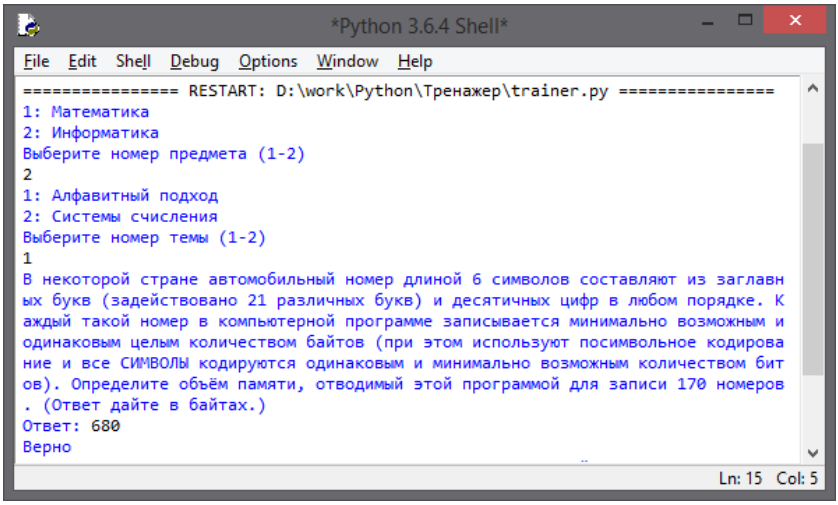


Рис. 5. Пример работы программы в ходе тестирования

Заключение

В статье рассматриваются вопросы разработки распределенной системы тестирования знаний студентов, гибко конфигурируемой в зависимости от предмета и раздела учебной программы. Показано, что для обеспечения объективной оценки знаний обучающихся и исключения ручных операций формирования неповторяющихся заданий необходима разработка модулей тестирования, с заданиями, формируемыми автоматически в зависимости от предмета и темы. Приводятся структура программы, требования к формату унифицированного описания конфигурационных файлов. Унификация реализуется путем использования XML-описания, имеющего единый формат для любого структурного элемента независимо от алгоритма его функционирования. Программная реализация предлагаемой программы выполнена на языке Python.

Разработанная программа может быть использована для контроля уровня знаний студентов в ходе проведения занятий по дисциплинам «Математика» и «Информатика», а также может быть дополнена другими предметами, например «Физика» или «Химия», в которых знания могут быть проверены с помощью решения задач разного типа.

Список литературы

1. Moodle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moodle.org

2. Как добавить и настроить элемент «Тест» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moodle.tsu.ru/pages/pdf/el_test.pdf

3. Прохоренок, Н. А. Python 3. Самое необходимое / Н. А. Прохоренок, В. А. Дронов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2020. – 608 с.

4. XML. Базовый курс / Хантер Дэвид [и др.] ; перевод И. В. Красикова. – 4-е издание. – Киев : Вильямс, 2018. – 1344 с.

5. СДАМ ГИА: Решу ЕГЭ. Информатика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://inf-ege.sdamgia.ru

Повышение эффективности самостоятельной работы при организации учебной деятельности курсантов

С. А. Никулин, e-mail: Nikulin1958@bk.ru [1]
В. Н. Кармнов, e-mail: VAIU71@yandex.ru [1]
И. В. Безруков [1]
С. С. Никулин, e-mail: nikcc@mail.ru [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский институт МВД России

Аннотация. *В статье приведен анализ педагогического эксперимента, разработаны методические рекомендации по использованию инновационных методик при организации самостоятельной работы курсантов.*

Ключевые слова: *Образовательный процесс, педагогический эксперимент, самостоятельная работа, промежуточная аттестация, остаточные знания.*

Введение

В образовательной системе Министерства Обороны Российской Федерации накоплен положительный опыт по полномасштабному внедрению активных образовательных технологий в учебный процесс военного вуза. Одним из наиболее важных вопросов теории вузовского образования являются вопросы планирования самостоятельной работы, методы и формы ее организации. Актуальность проблемы возрастает в связи с накоплением знаний обучающимися в процессе обучения. Проведение на кафедрах педагогических экспериментов по вопросу совершенствования инновационных методик при организации самостоятельной работы и внедрение их результатов в образовательный процесс позволит приобщить каждого курсанта к регулярному умственному труду, укрепить в нём чувства собственного достоинства, уверенности в своих силах и способностях, активизировать работу курсантов на всех видах занятий, повысить эффективность использования учебного времени и качество самостоятельной работы.

© Никулин С. А., Кармнов В. Н., Безруков И. В., Никулин С. С., 2022

1. Теоретические аспекты исследования методики организации самостоятельной работы курсантов

Самостоятельная работа является частью учебной деятельности обучающихся по освоению основной профессиональной образовательной программы и организуется в целях закрепления и углубления полученных знаний и навыков, поиска и приобретения новых знаний, а также выполнения учебных заданий, подготовки к предстоящим занятиям, зачётам и экзаменам.

Самостоятельная работа организуется и контролируется командирами подразделений слушателей (курсантов). Её методическое обеспечение осуществляется кафедрой.

Поиск путей повышения эффективности самостоятельной работы при организации учебной деятельности курсантов – одна из актуальных задач преподавательского состава кафедр военного вуза. Поэтому одним из важнейших требований к современному военному специалисту является умение самостоятельно изучать и усваивать новые знания, т. е. умение заниматься самообразованием.

Следует отметить, что в традиционной методике обучения акцент делается на активность преподавателя: он должен планировать, организовать, контролировать и оценивать работу курсанта. Современная методика обучения переносит акцент на активную познавательную деятельность самого курсанта, включающую такие действия, как самомотивация, самоорганизация, самоконтроль, саморегуляция, самооценка и т. д.

Таким образом, вполне уместно говорить о теоретико-методологических основах повышения эффективности самостоятельной работы при организации образовательной деятельности курсантов на основе инновационных методик при организации самостоятельной работы по учебным дисциплинам, предложив для рассмотрения ряд методических аспектов.

1. активизация самостоятельной работы курсантов с использованием электронных учебников (электронных образовательных ресурсов);

2. реализация системы организации целевых (тематических) групповых консультаций, в том числе с применением электронных образовательных ресурсов;

3. организация дополнительных индивидуальных консультаций с курсантами, имеющими отставание по результатам текущего и рубежного контроля успеваемости;

4. проведение регулярного контроля за организацией и полнотой методического обеспечения самостоятельной работы курсантов;

5. проведение курсантами, с целью привития командно-методических навыков, фрагментов учебных занятий (групповых и практических занятий, групповых упражнений) по вопросам, которые они могут усвоить самостоятельно;

6. подготовка курсантами рефератов по наиболее важным вопросам, формирующим военно-профессиональные компетенции;

7. совершенствование методики работы преподавателя при организации самостоятельной работы курсантов;

8. возможность корректировки методики за счёт установления обратных связей: «курсант – преподаватель», «командир подразделения курсантов – преподаватель».

В педагогике самостоятельная работа определяется как планируемая, организационно и методически направляемая познавательная деятельность обучающихся по усвоению учебного материала, осуществляемая без прямой помощи преподавателя для достижения образовательных целей.

2. Методика оценки эффективности самостоятельной работы курсантов в ходе педагогического эксперимента

Естественным критерием поиска путей повышения эффективности усвоения учебного материала курсантами выбирается степень усвоения и закрепления материала по изучаемому предмету. Для оценки по этому критерию могут вводиться ряд частных и интегральных показателей эффективности, таких как коэффициенты обученности, усвоения, прочности закрепления знаний, своевременности ликвидации задолженностей и т.д.

Значения этих показателей, как правило, определяются по результатам систематического контроля знаний (КЗ) курсантов, проводимых в виде аудиторных контрольных работ, тестов, опросов и др. Количественная оценка этих результатов выражается в оценках или рейтинговых баллах, причём рейтинговая оценка предпочтительнее, поскольку даёт более детальный результат и меньше совпадающих значений в выборе. Корректная оценка результатов педагогического эксперимента предполагает сравнение набранных количественных показателей курсантов в экспериментальных группах (ЭГ), обучаемых по инновационной методике, и в контрольных группах (КГ), обучаемых по традиционной методике. Совокупность этих количественных показателей подвергается статистической обработке, чтобы обосновать различие (или отсутствие такового) в достижениях экспериментальных и контрольных групп и сделать выводы о результатах педагогического эксперимента (ПЭ).

Оценка в рейтинговых баллах является типичным примером рациональной шкалы (шкалы отношений), поскольку при оценке знаний и навыков определяется не их абсолютная величина, а производится сравнение с неким эмпирически установленным эталоном, зависящим от объема материала, заданного стандартом и изложенного в процессе обучения, от назначенного за ту или иную дидактическую единицу оценки и от объема контрольного материала. Ноль при рейтинговой оценке строго задан, а единица измерения – рейтинговый балл, более или менее стандартна, по крайней мере, в рамках изучаемой дисциплины.

Выборки в педагогическом эксперименте представляют собой набор оценок за КЗ и формируются естественным путем – учебные группы создаются независимо от исследователя и, как правило, случайным образом с точки зрения индивидуальных способностей курсантов. Остается определить экспериментальные и контрольные группы и в дальнейшем после каждого промежуточного контроля формировать выборки из генеральной совокупности оценок курсантов курса.

Следует отметить, что, несмотря на случайный набор курсантов в группе, одна из них может оказаться «сильнее», что скажется на оценке результатов ПЭ. Чтобы минимизировать влияние этого фактора, целесообразно до начала эксперимента оценить курсантов в процессе обучения на практических занятиях. Результаты необходимо подвергнуть статистической обработке для проведения однородности выборок. Если выборки окажутся однородными, можно считать исходные условия эксперимента корректными. В противном случае следует принять специальные меры для устранения исходных различий [1].

При проведении педагогического эксперимента, в частности по дисциплине «Основы электропроводной связи», значения показателей эффективности усвоения учебного материала курсантами в ходе самостоятельной работы определялись по результатам текущего контроля в течение семестра на практических занятиях, промежуточной аттестации и оценивания остаточных знаний курсантов, которые приравнивались к результатам КЗ. Результаты контроля оценивались по четырехбальной системе от «2» до «5». Корректная оценка результатов ПЭ предполагает сравнение набранных количественных показателей курсантами в экспериментальной группе (ЭГ), обучаемых по инновационной методике (24-91 уч. гр.), и в контрольной группе (КГ), обучаемых по традиционной методике (23-91 уч. гр.).

В ходе ПЭ ставилась задача: обосновать различие в достижениях ЭГ и КГ и сделать выводы о результатах педагогического эксперимента.

При реализации систематического контроля самостоятельной работы курсантов, были получены результаты промежуточной аттестации и контроля остаточных знаний, представленные в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты промежуточной аттестации и оценка остаточных знаний у курсантов 24-91 учебной группы (экспериментальная группа)

Параметр	Результаты контроля 24-91 уч. группы	
	Зачет с оценкой	Остаточные знания
Средний бал	3,84	3,64
«5»	5 (20%)	1 (4 %)
«4»	11 (44%)	14 (56 %)
«3»	9 (36%)	10 (40 %)

Таблица 2

Результаты промежуточной аттестации и оценка остаточных знаний у курсантов 23-91 учебной группы (контрольная группа)

Параметр	Результаты контроля 23-91 уч. группы	
	Зачет с оценкой	Остаточные знания
Средний бал	3.54	3.5
«5»	2 (17.3 %)	0 (0 %)
«4»	9 (34.7 %)	12 (50.0%)
«3»	13 (48 %)	12 (50.0 %)

На основании представленных таблиц построены гистограммы, показывающие сравнительные результаты сдачи экзаменов курсантами контрольной и экспериментальной групп, а также оценка их остаточных знаний. Фрагмент этого исследования показан на рис. 1, 2.

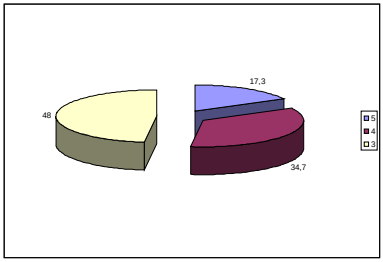


Рис. 1. Результаты сдачи промежуточной аттестации курсантами контрольной группы

Результаты сдачи промежуточной аттестации курсантами контрольной группы (рис. 1) составили – средний балл в этой группе - 3.54, на «отлично» сдали 2 чел. (17,3 %), на «хорошо» – 9 чел. (34,7 %), на «удовлетворительно» – 13 чел. (48.0 %).

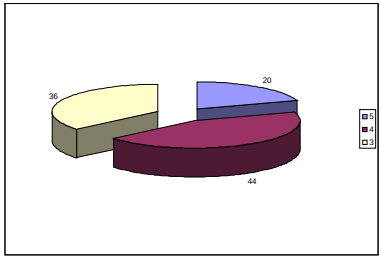


Рис. 2. Результаты сдачи промежуточной аттестации курсантами экспериментальной группы

Результаты сдачи промежуточной аттестации курсантами экспериментальной группы (рис. 2) составили – средний балл в этой группе 3.84, на «отлично» сдали 5чел. (20,0 %), на «хорошо» – 11 чел. (44.0 %), на «удовлетворительно» – 9 чел. (36.0 %).

Анализ предварительных результатов исследования показал, что применение инновационной методики организации самостоятельной работы курсантов позволило в целом повысить результаты промежуточной аттестации по дисциплине «Основы электропроводной связи» на 8.5 %, а результаты остаточных знаний – на 4.0%. Такой результат стал возможен при создании условий активизации самостоятельной работы курсантов, поиска путей повышения эффективности усвоения учебного материала.

Заключение

На основе проделанной работы разработаны следующие методические рекомендации.

На этапе планирования педагогического эксперимента, проводимого в форме сравнения инновационной и традиционной методик организации самостоятельной работы курсантов, необходимо произвести предварительную оценку статистических характеристик будущих результатов с целью выбора подходящих критериев оценки различимости результатов с учетом как преимуществ, так и ограничений выбираемых критериев.

Проверку статистической значимости различий в результатах экспериментальной и контрольной групп целесообразно проводить,

используя как критерии согласия, так и критерии совпадения точечных оценок.

При подготовке к проведению эксперимента необходимо провести качественную оценку контроля знаний (КЗ) курсантов, чтобы убедиться в статистической неразличимости результатов ЭГ и КГ. Если такие различия наблюдаются, принять организационные меры для их устранения, в крайнем случае, ввести поправочные коэффициенты на весь период эксперимента.

Анализ предварительных результатов исследования показал, что применение инновационной методики организации самостоятельной работы курсантов позволило в целом повысить результаты остаточных знаний и промежуточной аттестации по дисциплине «Основы электропроводной связи».

Список литературы

1. Новиков, Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях : учебник для вузов / Д. А. Новиков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.

Цифровая образовательная среда МБОУ лицей №4 г. Россоши

В. И. Рыбас, email: rwi@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей №4 г. Россоши Россошанского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *В данной статье описывается опыт работы по организации работы в рамках ранней профилизации учащихся с использованием цифровой образовательной платформы.*

Ключевые слова: *Цифровая образовательная платформа, развитие, индивидуальный образовательный трек, цифровая трансформация, персонализация, профилизация.*

Введение

С 2019 года, являясь региональной инновационной площадкой, лицей работает над проектом «Ранняя многовекторная профилизация учащихся с использованием инструментов цифровой образовательной среды». Формула проекта проста: «4Р: Ресурс – Рост – Развитие – Решение». Программа реализуется в четырех уровнях: «Ресурс» – начальная школа, «Рост» – 5–7 классы, «Развитие» – 8–9 классы, «Решение» – 10–11 классы.

Цель проекта – создать уникальное внутрилицейское единое цифровое образовательное пространство «Твой вектор». Основная задача платформы «Твой вектор» – сделать ее своеобразным пультом управления для организации образовательного процесса самим учеником (группой учеников). Учащиеся сами (или вместе с родителями) выбирают курс, интересный им, могут менять курсы, выстраивая свою траекторию развития, принимая непосредственное участие в формировании индивидуального образовательного вектора.

1. Внедрение платформы

Создание лицейской платформы отвечает требованию времени с точки зрения цифровой трансформации образования [1–7]. В ходе реализации цифровой трансформации образования создаются цифровые инструменты, которые позволят:

© Рыбас В. И., 2022

– расширить спектр методов и инструментов учебной работы, повышая тем самым ее эффективность и экономя время участников образовательного процесса;

– дифференцировать и комбинировать различные формы организации учебного процесса, обеспечивая достижение требуемых образовательных результатов всеми обучаемыми и предоставляя им возможности для развития и удовлетворения своих познавательных интересов;

– шире использовать критериальное оценивание учебных достижений обучаемых в ходе формирующего и констатирующего оценивания [3, с.184].

Для формирования коллектива, работающего, над проектом сформирован комплект приказов с изменениями должностных обязанностей, а также внесены изменения в учебный план и план воспитательной работы лицея.

Техническая сторона реализации проекта связана с такими серьезными факторами как формирование концепции цифрового образовательного пространства, финансирование, подбор технических специалистов. Главная задача технической реализации проекта – это обеспечение доступности ресурсов, кроссплатформенность (независимость от формата устройств и их программного обеспечения), надежность и масштабируемость.

Для реализации проекта необходимо было выполнить полную модернизацию информационного пространства лицея. Закупка оборудования позволила осуществить следующие работы:

– аппаратная часть определена на многопроцессорной системе (Intel xeon e5430*2, ОЗУ 64Gb, HDD 1Tb*4)

– смонтирован и введен в эксплуатацию сервер на базе операционной системы Windows Server 2019;

– выполнена полная конфигурация всех служб сервера, необходимых для функционирования платформы и определения прав доступа к ней со стороны администрации, разработчиков курсов и учащихся (Active Directory, DNS и DHCP сервер, служба IIS);

– для правильного функционирования платформы установлен пакет необходимых программ php и mysql;

– сформированы групповые политики пользователей;

– установлен маршрутизатор первого уровня, обеспечивающий доступ к платформе по проводной сети лицея (Gigabit Ethernet);

– развернута беспроводная сеть Wi-Fi со скоростью доступа до 150 Мбит/с, что позволило предоставить доступ к ресурсам платформы не только со стационарных компьютеров, но и с мобильных устройств,

работающих под разными операционными системами, при этом зона покрытия составляет 100% территории лицея;

– установлена и сконфигурирована платформа;

– сформирована база данных пользователей с указанием ролей и прав доступа каждого;

– заключение договора с провайдером об оказании услуги выделенного IP адреса позволило предоставить доступ к платформе не только из локальной сети лицея, но и из сети Интернет.

После выполнения технических работ по настройке оборудования и программного обеспечения были проведены испытания нагрузки сети и сервера – при одновременном доступе около 450 пользователей нагрузка на сервер составила примерно 48%, что оставляет хороший резерв на будущее.

Вход на платформу возможен с главной страницы лицея http://school4r.ucoz.ru, по прямой ссылке http://80.82.60.210 или из локальной сети лицея.

Закупка оборудования также позволила создать медиа-центр путем модернизации радиоузла и оснащения современной видеостудии.

2. Показатели эффективности реализации проекта

Эффективность реализации проекта определяется набором обязательных показателей. Одной из основных задач платформы является автоматизация показателей эффективности работы проекта. Рассмотрим эти показатели и их реализацию на платформе.

Фиксация запроса для обучающихся начинается с определения способов доступа к информационных ресурсам платформы РИП «Твой вектор». Все инструкции для различных категорий участников проекта сформулированы и располагаются на платформе в разделе «Рекомендации по работе с платформой». На рис. 1 показан вид данного раздела.

Один из главных показателей работы платформы – формирование запроса участника.

На главной странице проекта отображаются категории курсов.

Список курсов имеет два уровня доступа:

– открытый курс: просмотр возможен с ролью «Гость». Этот вариант курса предназначен, прежде всего, для учеников и их родителей. Открытый курс содержит краткую, обобщенную информацию о содержании курса, о профессиях, в которых требуются знания в этой области, о возможностях и перспективах этой программы и т.д. Именно открытые курсы должны сформировать запрос учащегося. Именно здесь определяется образовательная траектория учащегося. Эту траекторию формирует сам учащийся совместно с родителями и другими

участниками образовательного процесса. Окончанием работы с открытым курсом является работа с анкетированием и опросы, что является началом автоматизации процедуры запроса ученика. Анализ анкет и опросов позволит разработчику курса определить состав желающих работать на выбранном курсе.

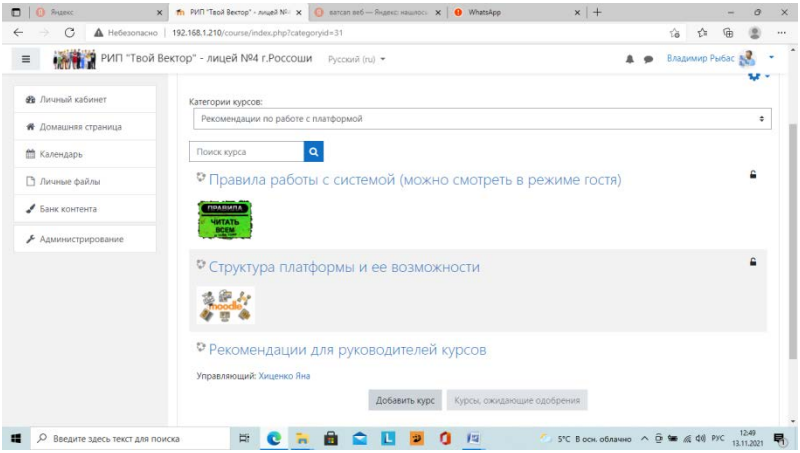


Рис. 1. Рекомендации по работе с платформой

Полная автоматизация запроса участника реализуется после входа в систему в личный кабинет учащегося:

– закрытый курс: просмотр возможен с ролью «Учащийся», зарегистрированный на этот курс.

Существует несколько способов реализовать запрос на участие в закрытой части курса: зачисление вручную (осуществляет руководитель курса) и самостоятельная запись учащегося (через кодовое слово по запросу)

Всем зачисленным на курс присваивается роль «Учащийся», и они имеют доступ к закрытой части курса.

Такие же действия выполняются по каждому из выбранных курсов.

Используя различные способы зачисления на закрытую часть курсов, учащийся способен сформировать свою собственную траекторию обучения.

Таким образом, механизм фиксации и обработки запроса участников образовательных отношений полностью автоматизирован.

После закупки оборудования и развертывания цифровой образовательной площадки «Твой вектор» на платформе MOODLE появилась возможность автоматизировать процесс разработки

и внедрения образовательного продукта путем формирования содержания курса с использованием всех инструментов платформы таких как: лекция, анкета, задание, тест и т.д. Механизм формирования и внедрения образовательного продукта, отвечающего на запрос полностью автоматизирован как показано на рис. 2.

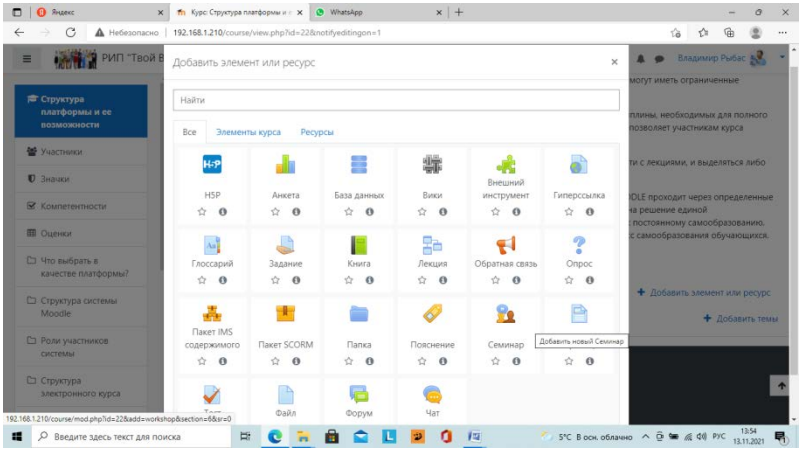


Рис. 2. Механизм формирования и внедрения образовательного продукта, отвечающего на запрос

Для формирования индивидуального образовательного маршрута каждому учащемуся предоставлена возможность во время анкетирования и опросов, а также по результатам прохождения курсов высказывать свое мнение и предложения по работе платформы (личное сообщение, обсуждение в блоге и т.д.):

– какие курсы можно добавить;
– какие направления можно добавить;
– как изменить систему подготовки в лучшую сторону.

В результате анализа предложений участников образовательного процесса всегда существует возможность корректировки работы как в сторону расширения набора курсов и направлений с учетом запроса, так и с точки зрения содержания курса.

Механизм отслеживания корреляции предложений с запросами на данном этапе также автоматизирован.

Востребованность образовательных продуктов определяется по следующим критериям:

– количество учащихся, зарегистрированных на курсе;

– активность учащихся при работе с элементами курса (время прохождения курса, результаты контроля, отзывы и т.д.);

– отзывы родителей;

– запросы на курс от сетевых партнеров.

Первичный анализ востребованности выполняется на уровне анкетирования и опросов после прохождения открытой части курса.

Закрытая часть курса позволяет сформировать показатели востребованности по основным характеристикам. Данные показатели формируются автоматически на платформе и доступны руководителю курса и администраторам системы. Пошаговые действия механизма отслеживания корреляции показаны на рис. 3: находясь на платформе с соответствующими правами, выбираем курс и заходим в раздел отчеты.

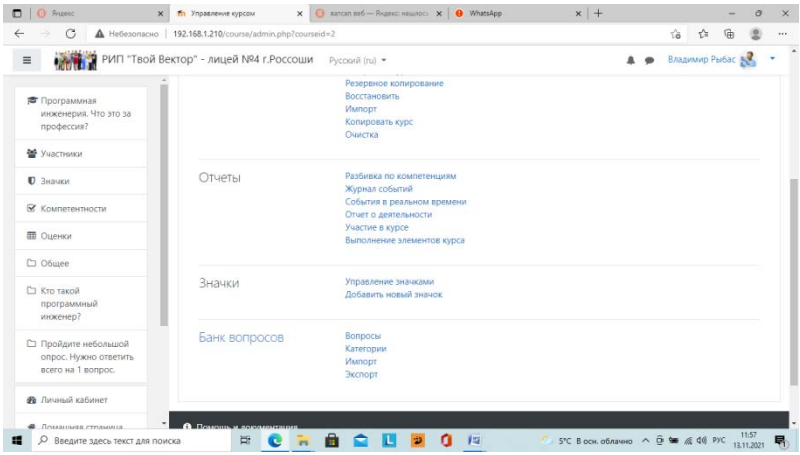


Рис. 3. Показатели востребованности курсов

– отчет – «Участие в курсе» отображает информацию по каждому участнику курса, активность за выбранный промежуток времени, пройден ли опрос и даны ли ответы в тесте;

– отчет – «Выполнение элементов курса» отображает информацию по каждому участнику курса в разрезе выполнения каждого элемента курса, например: количество просмотров лекции, оценка после выполнения тестового задания и т.д.;

– в разделе «Пользователи» сформирован список зачисленных на курс пользователей и их последний визит:

– результаты отчетов можно выгрузить в файл формата Excel для дальнейшего анализа.

Механизм внутреннего анализа эффективности инновационной деятельности автоматизирован и заключается в формировании отчетов различного уровня (рис. 4). Директор лицея, ответственное лицо за реализацию РИП, администратор системы, руководитель курса может использовать формы отчетов о событиях в режиме реального времени, либо для любого промежутка времени. Такой отчет отображает действия каждого участника системы в данный момент времени:

– какой ученик работает в системе, с использованием каких средств, какие действия выполняет;

– как руководитель курсов выполняет управление курсом, в каком разделе происходят изменения и события.

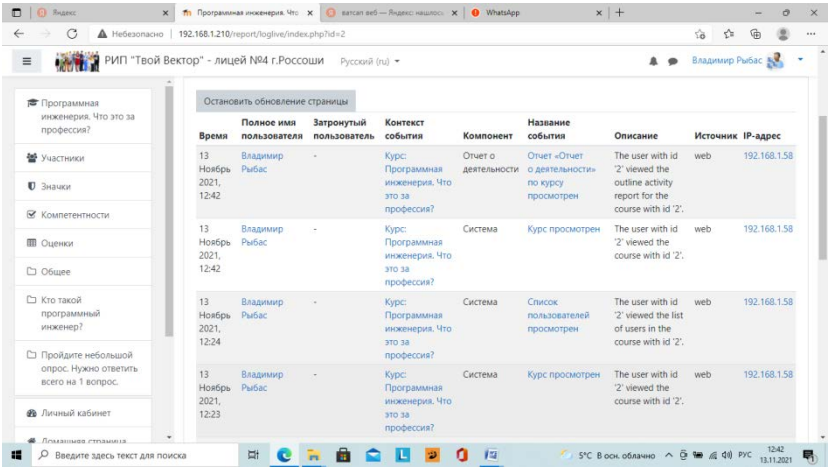


Рис. 4. Анализ эффективности инновационной деятельности

Среди педагогов обучение также реализуется с помощью платформы «Твой вектор». Освоение цифровой образовательной среды ведется на практическом материале. Разработка курса – трудоемкий процесс. Руководители курсов отслеживают мнения и пожелания учащихся и «учатся» вместе с ними (рис. 5), учатся друг у друга, «записываясь» на курс и знакомясь с наработками коллег. Администраторы оказывают консультативную помощь.

Участие родителей в выборе курса, возможность видеть задания курса и работу ребенка, его успехи, предпочтения является своего рода показателем открытости лицея и способом привлечения родительской общественности к образовательному процессу. Окончанием работы с открытым курсом является работа в виде анкетирования и опроса в

электронной форме, что является началом автоматизации процедуры запроса ученика. Анализ анкет и опросов позволит разработчику курса определить состав желающих работать на выбранном курсе.

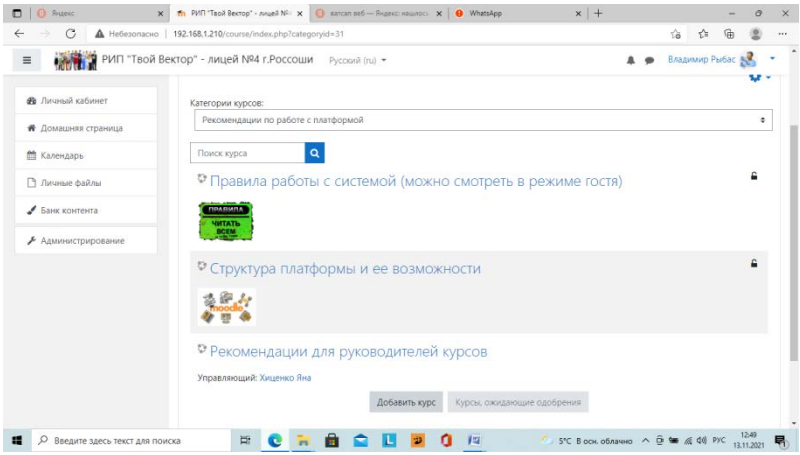


Рис. 5. Обучение педагогов по работе с платформой

Платформа «Твой вектор» позволяет нам идти по пути персонализации обучения. Обучающийся, выбрав определенный курс, сам определяет темп и последовательность его прохождения, проектируя тем самым свой образовательный маршрут. Каждому учащемуся предоставляется возможность самому выстроить свою индивидуальную образовательную траекторию и двигаться по ней, достигая запланированных образовательных результатов. Кроме того, вариативность предполагает ещё и различный подбор фрагментов содержания в зависимости от поставленных задач. Такой подход вызван избыточностью информационной образовательной среды. Речь идет не только об отборе индивидуального содержания образования, но и о возможности выбора учеником своего стиля обучения, его мировоззренческих основ, оптимального темпа и ритма, диагностики и оценки результатов. Задача обучения состоит в обеспечении индивидуальной зоны творческого развития обучающегося, позволяющей ему на каждом этапе создавать образовательную продукцию, опираясь на свои индивидуальные качества и способности. [2, с.57]

Разумеется, это только начало пути. Многое предстоит переосмыслить, запустить новые механизмы.

Определяя в качестве приоритета создание уникального цифрового образовательного пространства, рабочая группа проекта и разработчики курсов на платформе не претендуют на 100% уникальность материалов.

Результатом подготовки учащихся в рамках любого курса является не только получения новых компетенций, но и реализация компетенций в виде проекта. Самыми яркими примерами проектной деятельности являются работы в группе с элементами наставничества, когда проект охватывает несколько курсов различной направленности и возрастных групп. Проблема «Найти тему проекта» – сейчас это никому не интересно. Интересно реализовать проект прикладного характера и увидеть результат, который удовлетворил бы заказчика. Сначала нужно научиться выполнять заказы от внутренних партнеров – учитель предметник, организатор мероприятия и т. д. Такая форма заказа даст возможность получить опыт реализации проектов не только для детей, но и для руководителей курсов.

3. Социальное и сетевое партнёрство

Ранняя многовекторная профилизация учащихся невозможна без активного участия социального и сетевого партнерства. Анализ популярности специальностей и направлений подготовки, контрольных цифр приема, рейтинг ВУЗов и ССУЗов, цифры и показатели площадок трудоустройства способны убедить родителей и учащихся в выборе вектора подготовки. Для реализации формы взаимодействия с сетевыми партнерами на платформе создан специальный раздел, в котором отражается информация о каждом из них. Принцип формирования контента прост – при заключении договора о социальном партнерстве, отдельным пунктом определяется ответственное лицо, которому со стороны лицея предоставляются права доступа администратора курса. Форма обратной связи с учебными заведениями разного уровня позволяет информировать будущих потенциальных абитуриентов и просто учащихся о различных событиях, таких как профильные олимпиады, дни открытых дверей, научно-практические конференции и т. д.

Платформа «Твой Вектор» в рамках цифровой образовательной среды позволяет создавать и использовать методические материалы, относящиеся не только к тематике проекта, но и контент к любому учебному предмету, уроку, мероприятию – например, курс ДО по физике и лекционно-практический материал по информатике. Материал доступен всегда и на любом устройстве в любой точке, где есть Интернет.

Заключение

Таким образом, в процессе реализации проекта сформирована платформа, максимально гибкая с точки зрения запроса всех участников

проекта как по формированию индивидуальной образовательной траектории обучающихся, так и по способам организации учебного процесса и управления им. Задачи на ближайшую перспективу – максимальное включение всех педагогов в цифровую трансформацию образовательного процесса, организация эффективного взаимодействия с сетевыми партнерами для проектирования и реализации индивидуального образовательного вектора обучающихся.

Список литературы

1. Елизарова, А. В. Раннее самоопределение школьников [Электронный ресурс] / А. В. Елизарова. – Режим доступа: https://infourok.ru/proekt-rannee-samoopredelenie-obuchayuschihsya-osnovnoy-shkoli-2605316.html
2. Ильясова, Э. Н. Формирование индивидуальной траектории обучения в контексте приоритетов развивающей информационной образовательной среды / Э. Н. Ильясова // Сибирский педагогический журнал. – 2013 – №4. – С. 56–59.
3. Кириенок, Г. Н. Ранняя профилизация как основа построения образовательной траектории обучающегося [Электронный ресурс] / Г. Н. Кириенок. – Режим доступа: https://multiurok.ru/files/ranniaia-profilizatsiia-kak-osnova-postroieniia-obrazovatiel-noi-traiektorii-obuchaiushchieghosia.html
4. Куксова, О. Л. Предпрофильная подготовка в школе как важнейший компонент самоопределения учащихся [Электронный ресурс] / О. Л. Куксова. – Режим доступа: https://nsportal.ru/shkola/administrirovanie-shkoly/library/2013/12/28/predprofilnaya-podgotovka-v-shkole-kak
5. Мангутова, В. Р. Предпрофильная подготовка в современной школе [Электронный ресурс] / В. Р. Мангутова. – Режим доступа: https://multiurok.ru/index.php/files/predprofilnaia-podgotovka-v-sovremennoi-shkole.html
6. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования / А. Ю. Уваров [и др.]. – М. : Издательский дом Высшей шк. экономики, 2019. – 342 с.
7. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://legalacts.ru/doc/273_FZ-ob-obrazovanii/

Сервисы web 2.0 для организации дистанционного обучения

Л. И. Сурина, email: sur-lyudmila@mail.ru [1]
С. В. Разуваева, email: svetavksh@yandex.ru [2]

[1] МБОУ гимназия №7 им. Воронцова В.М.
[2] МБОУ ВКШ имени А.В. Суворова

Аннотация. *В данной работе рассматриваются примеры популярных сервисов web 2.0, с помощью которых можно создать собственные уникальные интерактивные приложения для проведения уроков информатики с применением электронного обучения и дистанционных технологий.*

Ключевые слова: *Сервисы web2.0, игровые интерактивные приложения, аккаунт, контент, электронное обучение, дистанционные технологии.*

Введение

В настоящее «пандемическое» время, когда проведение дистанционных уроков становится новой формой работы учителя очень важно выбрать для себя сервисы, которые помогут провести уроки интересно и полезно для учеников. В этой статье мы хотим поделиться опытом применения на дистанционных уроках в среднем звене и старшей школе.

1. Игровые интерактивные приложения

Не секрет, что самыми популярными компьютерными программами являются игры. Применение игровых интерактивных приложений в образовательной деятельности повышает мотивацию обучающихся, активизирует их познавательную деятельность, актуализирует знания, полученные на уроках, развивает партнерские отношения между участниками образовательного процесса. Разработкой обучающих, дидактических, развивающих игр занимаются как серьезные фирмы, так и непрофессионалы. Но, не всегда приобретенные или скачанные из Интернета учебные игры полностью соответствуют целям и задачам конкретного урока. Создать собственные, уникальные интерактивные приложения учителю помогут сервисы web 2.0.

Необычным вариантом постановки проблемного вопроса могут стать ребусы или облака из слов.

© Сурина Л. И., Разуваева С. В., 2022

Создавать облака из ключевых для урока слов-понятий позволяют сервисы:

– WordArt https://wordart.com/;
– Tagxedo http://www.tagxedo.com/;
– Word'sCloud https://wordscloud.pythonanywhere.com/.

Порядок работы в сервисах:

1. Регистрация.
2. Выбор шаблона формы облака, шрифта, цвета.
3. Ввод необходимых для урока слов.

Ключевые понятия темы акцентируются выделением более крупным шрифтом.

Генерировать яркие ребусы можно с помощью облачного сервиса http://rebus1.com. Для создания ребуса не нужна регистрация. Достаточно ввести необходимое слово и выбрать сформированный ребус из нескольких предложенных программой вариантов.

В бесплатном онлайн-конструкторе интерактивных приложений LearningApps http://learningapps.org создаются разнообразные викторины, пазлы, кроссворды, обучающие игры, выполняются задания на выбор, распределение, последовательность, заполнение. Учитель может организовать свои виртуальные классы и контролировать работу обучающихся над заданиями [1].

Порядок работы:

1. Регистрация или вход в имеющийся аккаунт.
2. Создание приложения:
3. Выбор вида приложения.
4. Указание названия приложения.
5. Постановка задачи для приложения.
6. Заполнение вопросов и ответов к упражнению (вставка текста, изображений, аудио- или видео-контента).
7. Выбор способа сортировки вопросов.
8. Предварительный просмотр.
9. Сохранение приложения.
10. Публикация приложения.

Сервис Umaigra http://www.umapalata.com позволяет создавать обучающие игры в форме путешествий на поезде, в космос, авиаперелета, интеллектуального футбола, квестового поиска сокровищ. Соревновательный эффект усиливает ограничение на время прохождения заданий.

Алгоритм работы:

1. Регистрация или вход в имеющийся аккаунт.
2. Создание приложения:

3. Выбор прототипа.

4. Создание описания игры: указание названия, возраста обучаемых.

5. Создание инструкций для прохождения игры.

6. Выбор типа вопроса (на соответствие, один ко многим, ввод ответа), заполнение вопросов и ответов к упражнению.

7. Выбор варианта сортировки вопросов.

8. Определение оценочной шкалы, времени прохождения задания.

9. Выставление оценки.

10. Предварительный просмотр.

11. Сохранение приложения.

12. Публикация приложения.

Все представленные сервисы имеют простой, интуитивно понятный интерфейс, что позволяет использовать их не только учителю, но и ученикам в качестве инструментов для создания собственных приложений.

Примеры авторских приложений:

– Сетка приложений по теме «Наглядные формы представления информации», информатика, 5 класс, http://LearningApps.org/1458942;

– Сетка приложений «Творчество Корнея Чуковского», литературное чтение, 2 класс, http://LearningApps.org/2464782;

– Игра «Путешествие в Компьютерру», информатика, 8–10 класс, http://www.umapalata.com/uschool/expo/SurinaLI/7186.html?LANG=RU

2. Сервисы дистанционного обучения

В средней школе в классах профильного обучения мы предлагаем ученикам осваивать профессиональные сервисы дистанционного обучения. Успешность современного человека в стремительно изменяющихся условиях жизни зависит от его готовности к постоянному и непрерывному образованию и самообразованию. Обеспечить непрерывный образовательный процесс возможно с помощью электронных технологий. Одной из форм электронного обучения стали массовые открытые онлайн-курсы (МООК). Популярными на сегодняшний день являются следующие платформы обучения: Coursera, MIT Open CourseWare, EdX; русскоязычные: Универсариум, Лекториум, Интуит.

«С момента своего появления МООК снискали множество положительных отзывов и собрали многомиллионную армию поклонников дистанционного обучения со всего мира. По данным Coursera, одной из самых популярных МООК-платформ, Россия входит в десятку стран, интерес жителей которых к онлайн-образованию наивысший» [2].

Для учащихся разработан мини-МООК «Программирование на языке Pascal. Сортировка массива» [3]. Курс предназначен для учащихся 9-11 классов, его могут пройти учащиеся, как при изучении нового материала, так и при итоговом повторении.

Цель курса – получить практические навыки программирования на языке Pascal.

Задачи курса:

– Формирование алгоритмической культуры.
– Развитие алгоритмического мышления.
– Обучение структурному программированию.
– Освоение методов решения задач, реализуемых на языке Pascal.
– Формирование навыков грамотной разработки программы.
– Формирование интереса к профессиям, связанным с программированием.

Планируемые результаты обучения:

1. Самостоятельная работа в среде Pascal ABC.NET.
2. Умение грамотно писать программы на языке Pascal.
3. Умение эффективно отлаживать программы.
4. Умение использовать различные типы и структуры данных, операторы языка.
5. Работа с файлами, процедурами и функциями.

Структура курса:

1. Способы сортировок.
2. Простые сортировки.
3. Улучшенные сортировки.
4. Проверочный тест.
5. Контрольная работа.

Курс используется при изучении темы «Сортировка массива» в 9-ом, 10-ом профильных классах как задание самостоятельной работы.

Мини-МООК «Сортировка массива» создан на базе платформы Canvas [4, 5].

Canvas https://www.canvas.net является бесплатной платформой для создания МООК. Она обеспечивает хостинг и платформу, на которой можно организовывать свои собственные обучающие курсы. Canvas разработана и поддерживается технологической компанией Instructure, сотрудничающей с педагогами и образовательными учреждениями с целью открыть доступ к современному обучению.

Технология работы на Canvas:

1. Пройти по ссылке https://canvas.instructure.com .
2. Зарегистрироваться в системе, выбрать роль учителя.
3. Заполнить анкету (указать K12-среднее образование).

4. Для создания нового курса нажать кнопку «Начать новый курс».

5. Ввести краткое название курса, выбрать тип лицензии, нажать «Создать курс».

6. Разработать модульную структуру курса, включающую информационный, тренингово-практический, контролирующий, организационный, коммуникационный блоки.

7. Сформировать контент курса: подготовить текстовые, тестовые материалы, ссылки на внешние ресурсы: статьи, обзоры, видеоматериалы, мультимедийные ресурсы и т.п.

8. Опубликовать курс.

9. Выслать на электронную почту учащихся приглашение к участию в курсе. Контролировать продвижение участников курса, обеспечивать обратную связь с курсантами.

Заключение

Создание собственного обучающего приложения – кропотливое, трудоемкое занятие. Но результат того стоит. Учитель получает возможность предоставить разноплановый, содержательный материал по выбранной теме в различных формах представления информации: текстовой, графической, мультимедийной; отслеживать процесс выполнения заданий с помощью инструментов среды Canvas. Учащиеся изучают содержание курса в удобном для себя темпе, в свободное время, имеют возможность многократного повторения тренинговых заданий до получения лучшего результата; в любое время задать вопрос и получить консультацию при возникающих затруднениях. Это создает комфортную среду обучения для всех участников образовательного процесса.

Список литературы

1. Баданов, А. Создаем приложения в сервисе LearningApp [Электронный ресурс] / А. Баданов. – Режим доступа: https://sites.google.com/site/badanovweb2/home/learningapps

2. Список популярных МООК-платформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://4brain.ru/blog/список-популярных-моок-платформ/

3. Программирование на языке Pascal. Сортировка массива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://canvas.instructure.com/courses/1017076

4. Платформа Canvas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.canvas.net/

5. Баданов, А. Создаём курсы в Canvas. В помощь авторам мастер-классов [Электронный ресурс] / А. Баданов. – Режим доступа: https://sites.google.com/site/badanovweb2/home/canvas

Социальная фрустрированность студентов-первокурсников в условиях дистанционного образования

М. Л. Хуторная, mlh@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы адаптации студентов-первокурсников в образовательной среде при дистанционном обучении. Предлагаются направления исследований в данной области. Эмпирически доказывается социальная фрустрированность студентов.*

Ключевые слова: *Студент, социальная фрустрированность, адаптация, дистанционное образование.*

Введение

Термин «студенчество» обозначает собственно студентов как большую социальную группу, характеризующуюся своей численностью, гендерной структурой, географическим распределением. Занимаемое общественное положение, роль и статус, особый уровень развития, стадию социализации и адаптации (студенческое время), которую сейчас проходит большая часть молодёжи и которая детерминируется определёнными социально – психологическими характеристиками.

Студенчество, являясь составной частью молодежи, определяется особыми условиями жизни, труда и быта, общественным поведением и психологией, системой ценностно-смысловых аспектов. Для студентов подготовка к будущей деятельности в избранной сфере материального или духовного производства является главным, хотя и не единственным занятием.

Как большая социальная группа, студенчество является содружеством молодых людей со специфическими социально значимыми устремлениями и задачами. Вместе с тем студенчество, представляя собой особую группу учащейся молодежи, обладает присущими только ей характеристиками. Поэтому особый интерес исследователей лежит в плоскости исследования адаптации студентов-первокурсников, а особенно иностранных студентов, их адаптационных возможностей. И цель изучения – это улучшение их качества жизни и снижения социальной фрустрированности.

© Хуторная М. Л., 2022

1. Методология

Социальная адаптация, как свидетельствует современная наука, – это процесс активного приспособления индивида к новой социальной среде, содержанием которого выступает сближение целей и жизненных ориентации личности с ее окружением, усвоение принятых в этой среде способов деятельности и социального поведения, интериоризация ее норм, традиций, групповой культуры, принципов социального взаимодействия [1].

Адаптация, как сложное многогранное явление, предъявляет определенные требования к содержанию концептуальной базы, лежащей в основе различных подходов для ее рассмотрения.

Авторы выделяют три основных направления исследований, связанных с проблемой адаптации [2].

Первое направление исследований связано с медико-психологическими компонентами адаптации в разнообразных стрессовых условиях, где на передний план выходят внутриличностные процессы (динамика и гармония потребностно-мотивационной сферы личности).

Второе направление исследований феномена адаптации, по мнению авторов, связано с психофизиологическим описанием функционирования отдельных органов (систем органов) и психических процессов, которые они обеспечивать, в условиях изменений в окружающей социально-профессиональной среде. В рамках данного направления адаптация выступает как процесс уравновешивания, перестройки различных психофизиологических систем организма, направленный на достижение и поддержание внутреннего гомеостаза.

К третьему направлению относятся работы по комплексному изучению психических и функциональных состояний человека в трудовой деятельности. Рассматриваемая в таком ключе адаптация предстает как взаимодействие «субсистемных» и «метасистемных» противоречий, существующих как вне, так и внутри человека. Структура и динамика адаптации изучаются как процесс уравновешивания в открытой системе, в ходе которого приобретаются новые системные качества.

Студенты – первокурсники подвергаются перестройке системы поведения личности под влиянием требований социальных иерархий, предъявленных к ней условиями среды. Во включенности же прослеживается определенная степень соответствия личности тем требованиям, которые предъявляют ей конкретные условия учебной деятельности. На эту включенность в определённой степени влияют внутренние резервы личности, в литературе обозначаемые потенциалом.

В настоящее время внимание ряда учёных приковывается к оптимальному и рациональному использованию потенциальных возможностей [3]. Основу потенциала составляют возможности для выполнения различных функций при благоприятных условиях развития способностей. Недаром «потенциал» в переводе с латинского означает мощность, сила. Потенциальные способности – это резервы развития человека, проявляющие себя перед постановкой и поиском решения новой задачи. По нашему мнению, процесс адаптации первокурсников не может быть реализован без включения адаптационных возможностей. В алгоритм реализации включаются когнитивный, поведенческий, а особенно эмоциональный составляющие потенциала. Поскольку развитие личности зависит не только от психологических особенностей, но также от социальных условий, в которых могут быть реализованы (или не реализованы) эти потенции, то следует поговорить о педагогических технологиях, реализуемых в современной образовательной среде.

Педагогическая технология – комплекс методов, направленных на получение результата в образовательном пространстве [4].

Мысль о технологизации процесса обучения высказывал еще основатель научной педагогики Я.А. Коменский. Он призывал сделать обучение «техническим», т.е. таким, чтобы всё, чему учат, имело практическое применение.

Исследователи предлагают немало дефиниций описываемого процесса. Наиболее правильное, на наш взгляд, определение педагогической технологии предоставляет Бахмудкадиев Н. Д. [5]. По его мнению, педагогическая технология означает системную совокупность и порядок функционирования всех личностных, инструментальных, и методологических средств, используемых для достижения педагогических целей.

Современное образовательное пространство подразумевает применение различных образовательных технологий и достаточно широкого педагогического арсенала: это технологии активных методов обучения, проектные, здоровьесберегающие, технологии саморазвития, технологии опережающего обучения, технология «обучения в кооперации».

Современные педагогические технологии реализуют научные исследования, направленные на наиболее эффективные и рациональные способы обучения с учетом тенденций рынка труда, на что справедливо указывают авторы А.В. Бабаева и А.А. Борисова [6].

Очевидно, что социальные и экономические обновления, происходящие в течение некоторого времени внутри социальных систем и в обществе в целом непосредственно влияют на образовательное

пространство. А.А. Борисова и А.Н. Злобин в своих исследованиях поднимают вопрос об онлайн – образовании, выявляя ряд преимуществ, соответствующих времени и социальной ситуации [7]. Оно должно соответствовать динамике преобразований и базироваться на прогрессивных и инновационных подходах к изучению дисциплин. В соответствии с вышесказанным формируются учебные планы, составляются учебные программы, которые расширяют свои границы в соответствии с увеличением информационного поля и необходимой практической ориентации, разрабатываются и применяются инновационные психолого-педагогические технологии.

Заслуга современных психолого-педагогических технологий в том, что в основе получения знаний стоит преимущество коллективной работы, которая базируется на активном сотрудничестве, субъект-субъектных отношениях, а также исследовательско-экспериментальной работе с разнообразными источниками информации. Это способствует развитию самостоятельного критического мышления и повышает уровень культуры общения.

2. Анализ результатов

Рассмотрим применение психолого-педагогических технологий при дистанционном обучении, в рамках которого у студента есть реальный шанс, используя личностный потенциал, индивидуальные способности, осуществить практико-ориентированное обучение и добиться высоких результатов в широких областях знаний. Но, как показывает практика, данный вид обучения не может включать весь спектр психолого-педагогических приемов, поэтому применяются те, которые в наибольшей степени способствуют развитию компетентностного подхода.

Дистанционные образовательные технологии имеют как ряд преимуществ, так и определенные недостатки обучения [8]. Остановимся на достоинствах: рассматриваемые технологии позволяют реализовывать идеи повышения компетентностного профессионального уровня, открывают перспективы для повышения оперативности образовательного процесса, и, что особенно актуально в данном процессе, повышают уровень самостоятельной работы.

Самостоятельная работа при дистанционном обучении реализуется посредством разнообразных форм: изучение материала с помощью электронных и печатных источников, лекций, ответов на тестовые задания, выполнение творческих заданий, подготовка презентаций. Ограничение во времени формирует личностные детерминанты: ответственность, дисциплинированность. При этом необходима высокая самоорганизация студента и, поскольку самостоятельная работа требует

систематических и непрерывных действий, то важен контроль с обеих сторон субъектов образовательного процесса.

Эффективность самостоятельной работы студентов можно получить только тогда, когда она организуется и реализуется в учебно–воспитательном процессе в качестве целостной системы, пронизывающей все этапы обучения студентов в вузе.

Сам организационный процесс имеет линейную структуру. На первом этапе ведущую роль занимает преподаватель, подготавливающий необходимые материалы, презентации, методические указания, средства контроля. Далее, на втором этапе, включается студент, самостоятельно изучающий материал, на третьем этапе происходит симбиоз субъектов образовательного процесса при анализе ошибок, на четвёртом этапе – коррекция ошибок и замечаний.

Характерные черты дистанционного образования:

– отсутствие ригидности;
– модульность;
– использование мультимедийных виртуальных онлайн–средств для осуществления двусторонней коммуникации;
– рейтинговый метод контроля самостоятельной работы студентов;
– индивидуальные консультации преподавателя.

По мнению автора, в дистанционном обучении присутствует ряд достоинств и недостатков. Но со временем происходит совершенствование данной модели обучения, поэтому необходимо внедрение психолого-педагогических методов и приемов, способствующих поставленным целям: повышению познавательной мотивации, активному включению удалённого студента в учебную деятельность, побуждению к самостоятельному поиску, при этом самостоятельность должна поддерживаться интересом к получению знаний.

Таким образом, в процессе дистанционного обучения студент будет приобретать не только профессиональные знания, но и развивать навыки оценочной самостоятельности, генерации идей, тренировать рефлексивные умения.

Нами была предпринята попытка эмпирического исследования уровня социальной фрустрированности в условиях дистанционного обучения. Респондентами явились русские и иностранные студенты в количестве 32 человек, учащиеся ВГУИТ первого курса экономического факультета. В качестве диагностического инструментария использовалась методика «Диагностика уровня социальной фрустрированности Л. И. Вассермана» [9]. При интерпретации данных присваивались следующие значения: 0 – полностью удовлетворён, 1 –

скорее удовлетворён, 2 – затрудняюсь ответить, 3 – скорее не удовлетворён, 4 – полностью не удовлетворён. Результаты отражены на рисунке 1.

Итоги исследования выявили проблему, выражающуюся в следующем: у русских студентов первокурсников социальная фрустрированность выделена такими факторами как «недостаточное общение» (90 %) «личные отношения» (45%), «проведения досуга» (39%), при этом 10% респондентов устраивают отношения в коллективе и свой статус в обществе. У студентов иностранцев социальная фрустрированность проявляется в неудовлетворении жилищно-бытовыми условиями (30%), недостаточным общением (90 %) и проведением досуга (80%), при этом много учащихся удовлетворяют взаимоотношения в коллективе (21%).

Заключение

Таким образом, мы можем констатировать тот факт, что период адаптации для студентов достаточно сложен. Большинство студентов не удовлетворены из-за отсутствия общения. Так как студенты первокурсники только вступают в возрастной период юношества и многие еще не расстались с пубертатом, то коммуникация является основой адаптационного периода. Иностранные студенты испытывают трудности, которые могут быть преодолены в образовательном пространстве с помощью психопрофилактики, организации дополнительных мероприятий по тимбилдингу, занятий по снятию коммуникативных барьеров.

Но данные мероприятия ограничены форматом дистанционного обучения. По мнению автора, в дистанционном обучении присутствует ряд достоинств и недостатков. Со временем происходит совершенствование данной модели обучения, поэтому необходимо внедрение психолого-педагогических методов и приемов, способствующих поставленным целям: повышению познавательной мотивации, активному включению удалённого студента в учебную деятельность, побуждению к самостоятельному поиску, при этом самостоятельность должна поддерживаться интересом к получению знаний, адаптации первокурсников к новым условиям.

Разработка и реализация вышеперечисленных мероприятий будет являться продолжением начатого исследования.

Список литературы

1. Парыгин, Б. Д. Социальная психология / Б. Д. Парыгин. – СПб. : Питер, 1999. – 592 с.

2. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М. : Медицина, 1988. – 254 с.

3. Горбатюк, Е. Л. Возможности личностного саморазвития студента технического вуза в поисковых подходах к обучению : автореферат дис. кандидата педагогических наук: 13.00.01. «Педагогические науки» / Е. Л. Горбатюк. – Хабаровск, 1999. – 20 с.

4. Сластенин, В. А. Педагогика: инновационная деятельность / В. А. Сластенин, Л. С. Подымова. – М., Магистр, 1997. – 224 с.

5. Бахмудкадиев, Н. Д. Современные образовательные технологии в инновационном вузе / Н. Д. Бахмудкадиев // Проблемы и перспективы развития образования: материалы III Междунар. науч. конф. – Пермь : Меркурий, 2013. – С. 116–118.

6. Babaeva, A. V. Metamorphoses of modern russian education / A. V. Babaeva, A. A. Borisova // 8th International Conference on Education and Education of Social Sciences. Abstracts & Proceedings. – 2021. – PP. 480–483.

7. Борисова, А. А. Онлайн-образование – наше будущее? / А. А. Борисова, А. Н. Злобин // Информатика: проблемы, методология, технологии : сборник материалов XIX международной научно-методической конференции / под ред. Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 2095–2099.

8. Кобзева, Н. А. К вопросу о педагогических технологиях / Н. А. Кобзева // Молодой ученый. – 2011. – №5. – Т. 2. – С. 142–144.

9. Райгородский, Д. Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты : учебное пособие. / Д. Я. Райгородский. – Самара : Издательский Дом «БАХРАХ», 1998. – 672 с.

Инфографика как способ визуализации учебной информации на уроках химии

Н. В. Чернышова, email: nataliy095@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *Статья посвящена применению инфографики для визуализации учебного материала в процессе обучения химии. Представлены инструменты для создания инфографики в процессе подготовки к учебным занятиям.*

Ключевые слова: *Инфографика, визуализация, наглядность, Easel.ly, PiktoChart, Infogr.am.*

Введение

Психологами установлено, что человеческий мозг значительно лучше усваивает информацию, представленную не в текстовой форме, а в виде наглядных образов. Именно поэтому в методике обучения химии хорошо зарекомендовали себя различные виды наглядности и визуализации (опорные конспекты, таблицы, фреймовые модели и др.) [1, 2].

Сегодня ученые пытаются развести понятия «наглядность» и «визуальность». Значение понятия «наглядный» всегда обозначало «демонстративный». То есть, в процессе обучения учитель показывает (демонстрирует) готовый объект, процесс, явление. А «визуальный» предполагает представление в виде образа. То есть педагог предлагает в процессе обучения осмыслить информацию и представить ее в виде объекта, картинки.

Одним из способов визуализации информации является инфографика. Она активно используется в СМИ, в рекламе, маркетинге и PR. В настоящее время внедряется инфографика и в процесс обучения.

Создание и использование инфографики

Инфографика представляет собой синтетическую форму организации информационного материала, включающего в себя, во-первых, визуальные элементы, во-вторых, тексты, которые поясняют эти визуальные элементы. Преимущества данного средства обучения очевидны. Инфографика проста в использовании – ее можно вывести с

© Чернышева Н. В., 2022

помощью проектора на доску или распечатать. Она содержит богатый визуальный материал – яркие изображения явлений и процессов, фотографии и диаграммы. Дифференцированный подход в применении инфографики позволяет организовать работу как с группами, так и с классом в целом. Возможна и индивидуальная работа за персональным компьютером.

Существуют следующие виды инфографики:

– статичная – содержит иллюстрации, схематические элементы, диаграммы, графики и т.п., которые не являются анимированными;

– интерактивная – включает в себя анимированные элементы, с помощью которых пользователи могут, в той или иной степени, взаимодействовать с информацией;

– видеоинфографика – представляет собой короткий видеоряд, в котором сочетаются иллюстрации и динамический текст.

Как организовать эффективное и результативное обучение учеников с помощью инфографики?

Визуальный бум в интернете подтолкнул развитие сферы инструментов для инфографики. В сети Интернет можно найти большое количество программ – платных и бесплатных, требующих установления на компьютер и с которыми можно работать онлайн, профессиональных и любительских.

Программные средства сервиса Easel.ly разработаны специально для создания инфографики. Есть готовые шаблоны, все структурные элементы можно настроить и отредактировать. В библиотеке большой набор различных форм, стрелок, указателей и т.п. для создания блок-схем, подборка настраиваемых цветовых палитр и шрифтов. Можно добавлять и собственную графику для оформления. Данный ресурс можно порекомендовать педагогам, которые только начинают использовать инфографику в своей педагогической практике.

PiktoChart – онлайн-сервис для создания инфографики. Есть шаблоны, существует возможность их модификации. В заготовку можно добавлять рисунки, диаграммы и графики и т.д.

Онлайн-сервис Infogr.am позволит педагогу попрактиковаться в создании инфографики с интерактивными элементами. Кроме того, программа позволяет добавлять такие элементы как текст, видео, различные типы изображений.

Можно использовать программные средства Creately, Canva, Crello и др. Каждый из сервисов обладает своими преимуществами и недостатками [3].

Есть возможность создавать инфографику и в PowerPoint, но эта программа предназначена для разработки презентаций, поэтому все

макеты и стилевые темы подходят именно для этой цели. Требуются дополнительные усилия для переработки их под инфографику.

Учитель, разработавший инфографику по той или иной учебной теме, может обсуждать с классом все детали представленной информации. Инфографика в таком случае выступает в качестве визуальных опор на уроках [4]. Педагог также может разделить класс на малые группы и предложить им проработать отдельный аспект вопроса и создать свою инфографику, представить ее остальным группам. То есть она сама становится и источником информации, и основой для ее обобщения.

Можно использовать задания по составлению инфографики в качестве домашней работы, в форме инфографики может быть представлен проектный продукт учащегося.

Работа с инструкцией-инфографикой позволяет проанализировать и запомнить правила техники безопасности на уроках химии. На основе инфографической карты хорошо строить объяснение химических связей и химической реакции.

Изучение таблицы Менделеева будет проходить продуктивнее, если использовать инфографику, например, создавать «фан-страницы» химических элементов, куда вносится расширенная информация о качествах того или иного элемента.

Интересен для учащихся проект «Химия в быту», проектный продукт которого уместно будет оформить в виде инфографики.

Заключение

Таким образом, при визуализации учебной информации средствами инфографики решается ряд педагогических задач:

– во-первых, формируется умение систематизировать и интерпретировать информацию;

– во-вторых, развивается память, внимательность, критическое мышление;

– в-третьих, повышается интерес и мотивация учащихся к изучению химии.

Важным результатом применения инфографики является развитие креативности, творческих способностей.

Список литературы

1. Белохвостов, А. А. Электронные дидактические материалы: методика разработки и использования / А. А. Белохвостов // Химия в школе. – 2016. – № 8. – С. 31–34.

2. Диков, А. В. Социальные сервисы интерактивной инфографики в образовательном пространстве Интернета / А. В. Диков // Информатика и образование. – 2014. – № 3. – С. 39–46.
3. Диков, А. В. Социальные сервисы интерактивной графики – в школьное образовательное пространство / А. В. Диков // Школьные технологии. – 2014. – № 4. – С. 94–97.
4. Селеменев, С. В. Инфографика в школе / С. В. Селеменев // Информатика и образование. – 2011. – № 9 (227). – С. 38–44.

Секция 5
Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Использование технических средств и программного обеспечения в постановке демонстрационного эксперимента по физике

А. В. Грищенко, email: alyonuska5911@yandex.ru [1]
А. О. Беркетова, email: aberketova@inbox.ru [2]

[1] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей № 15» г. Воронежа
[2] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 99 г. Воронежа

Аннотация. *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме неготовности педагогов использования современных технических средств в процессе обучения физики. Автором предложены методические рекомендации в постановке демонстрационного эксперимента по теме «Звуковой резонанс».*

Ключевые слова: *технические средства, демонстрационный эксперимент.*

Введение

Представленная работа посвящена вопросам, лежащим в области использования технических средств и программного обеспечения в постановке демонстрационного эксперимента. Технические средства обучения становятся неотъемлемой частью учебного процесса. Однако использование тематических комплектов вызывают трудности как методического, так и технического характера у педагогов разных поколений одновременно. Эффективность применения средств IT во многом зависит насколько методически грамотно и оправдано их включение в процесс обучения физики [1]. В каждом конкретном случае учителю физики приходится самостоятельно определять, с какой целью и как использовать IT на занятиях.

Актуальность работы определяется тем, что большая часть разработанных аппаратно-программных средств так и не находит применения в учебном процессе. Как показывает практика, демонстрационное оборудование пылится и никем не задействовано. Хотя к постановке оборудования прилагаются методические рекомендации, но, к большому сожалению, они ориентированы на людей уже хорошо знающих и не один раз набивших шишки на данном оборудовании. Появляется запрос на разработку методических

© Грищенко А. В., Беркетова А. О., 2022

рекомендаций по использованию современного оборудования в демонстрационных опытах.

В статье речь идет о проблеме неготовности педагогов к применению современных приборов в демонстрационном эксперименте. Во-первых, проблема связана с отношением преподавателя к информатизации учебного процесса. Требуется много сил и времени на подготовку к учебному процессу. Например, для адаптации системы физического эксперимента к возрастным особенностям восприятия обучающихся. Во-вторых, привычка вести урок в традиционном стиле, уделяя внимания решению задач. С одной стороны, компьютеризация учебного физического эксперимента открывает возможности автоматизации процессов измерения, с другой появляются трудности в обработке результатов.

Цель: разработать методические рекомендации по проведению демонстрационного эксперимента в физике.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать оборудование, которое целесообразно применять во время демонстрационных экспериментов.
2. Подготовить методические рекомендации по постановке и проведению демонстраций по разделу «Звук».
3. Выяснить, какие трудности возникают во время подготовки.

1. Обзор современного демонстрационного оборудования

Важнейшим условием качественного обучения предмета является материально-техническое оснащение кабинета, включающее демонстрационное оборудование. Для наглядности рассмотрим одного из производителя и разработчика оборудования для образовательных организаций – «Научные развлечения». На официальном сайте компании размещены предлагаемые наборы для демонстрационных экспериментов, которые отражают современные тенденции в методике преподавания физики [2]. Данные эксперимента обрабатываются в специальной программе и выводятся на экран компьютера в реальном масштабе времени и в графическом формате (рис. 1).

Опишем необходимые демонстрационные комплекты, которые целесообразно применять в учебном процессе по физике, например, по разделу «Звук».

Демонстрационный комплект "Звуковые колебания и волны" рассчитан на знакомства с такими физическими явлениями и процессами (рис. 2):

– Определение длины, частоты звуковой волны и её скорости распространения в воздухе.

– Источник звука. Камертон.
– Отражение звуковых волн от препятствий.
– Акустический резонанс.
– Биение звуковых колебаний.

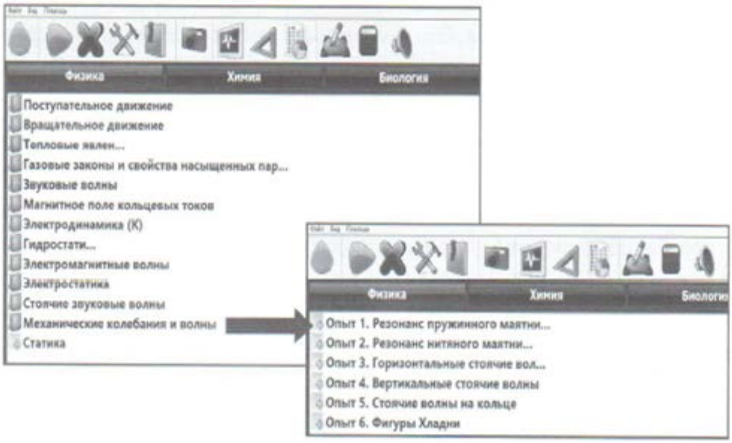


Рис. 1. Сценарий программы



Рис. 2. Демонстрационный комплект «Звуковые колебания и волны»

Умение использовать средства информационных образовательных программ в обучении становится одним из основных профессиональных качеств педагога-предметника. Если рассматривать процесс информатизации обучения физике как одну из наиболее современных тенденций дидактики физики, то владение методологией и методикой применения дидактических информационных средств становится инвариантным требованием квалификационной характеристики учителя физики [3].

Процесс обучения физике в общеобразовательной организации подразумевает постоянное сопровождение курса демонстрационным экспериментом. С появление компьютерной техники, образовательных программ появилась возможность дополнить экспериментальную часть курса физики и значительно повысить эффективность уроков.

2. Демонстрация опыта «Звуковой резонанс»

Современные образовательные программы являются мощным средством экспериментального исследования, они могут выступать в роли универсального физического прибора на стадии обработки информации. Для примера приведем фрагмент демонстрационного эксперимента. Обычно для этого используют генератор звуковой, громкоговоритель электродинамический, камертоны на резонаторных ящиках, шарик на нити, штатив универсальный, молоточек резиновый для возбуждения камертонов (рис. 3) [4].

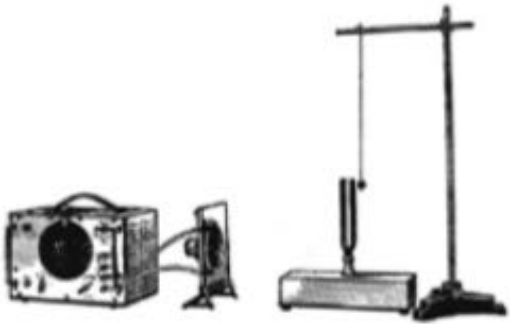


Рис. 3. Демонстрационная установка

Как этот опыт можно продемонстрировать, применяя средства своевременных информационных технологий?

Перечень оборудования в соответствии с монтажной схемой: 1 – динамик с генератором звука, 2 – камертон (440 Гц) на резонаторном

ящике, 3 – микрофон с датчиком звука двухканальный, 4 – штатив, 5 – муфта. 6 – демонстрационный экран, 7 – стальной белый лист.

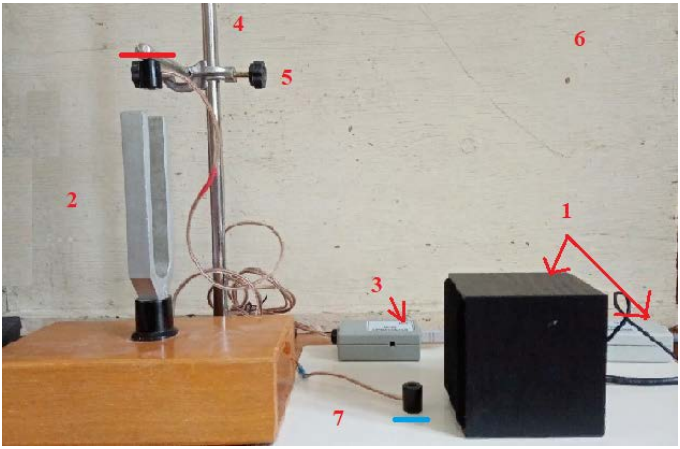


Рис. 4. Современная демонстрационная установка

Методические рекомендации подразумевают порядок и план демонстрации [5].

Порядок подготовки УЭУ для демонстрации опыта.

Установить на демонстрационном столе камертон с резонаторным ящиком. На стальном белом листе расположить динамик, расстоянии 10 см до камертона, а между ними микрофон с синей меткой.

За камертоном поставьте штатив, закрепите муфту, на которую благодаря магнитному основанию присоединиться микрофон с красным индикатором. Расстояние между вилкой камертона и микрофоном 3-5 мм [6]. Сзади демонстрационной установки поместить белый экран.

Подключить датчики к компьютеру, а компьютер к интерактивной доске. Загрузить программу «Цифровая лаборатория», выбрать физика => Звуковые волны => Акустический резонанс.

Настроить звуковой генератор, в меню нажать на значок (рис. 5).



Рис. 5. Значок в программе для настройки звукового генератора

После введение значений нажать кнопку проиграть, тогда динамик начнет работать (появится звук). Если звука нет, то попробовать разъем

от динамика вставить в другое отверстие генератора. Во время заполнения полей звукового генератора установить максимальный уровень громкости и галочку в окошке «Непрерывно», убрать «Сместить на полупериод», представлен порядок заполнения в таблице ниже.

Таблица

Настройка параметров для звукового генератора

Параметр	**Значение**
Первый канал	
Вид сигнала	Синусоидальный
Амплитуда	75%
Частота	438 Гц
Интервалы	
Длительность	10000 мс
Пауза	10000 мс
Второй канал	
Вид сигнала	Тишина

Чувствительность красного датчика на max, синего близко к min. Поскольку в данном опыте интересно наблюдать за регистрацией амплитуды сигнала камертона, а не за величиной подачи звука (синий).

Запустить измерения, выбрав значок (рис. 6).



Рис. 6. Значок для запуска измерений

На экране появится запись уровней сигналов, регистрируемых обоими датчиками. Подождать несколько секунд и в настройках звукового генератора нажать кнопку «остановить». Запись уровня сигнала продолжается. Теперь увеличьте частоту на 1 Гц, было 438 Гц, стало 439 Гц. Вновь включите динамик.

Интерпретация. Красная линяя – амплитуда вынужденных колебаний вблизи вилки камертона. Красный микрофон регистрирует сжатие и разрежение воздушной среды, непосредственно связанные с движение концов вилки камертона. Если на экране не наблюдается четкий перелом линий, то микрофоном переместить в отверстие резонаторного ящика (рис. 8). Следовательно, красный микрофон регистрирует колебания самого ящика.

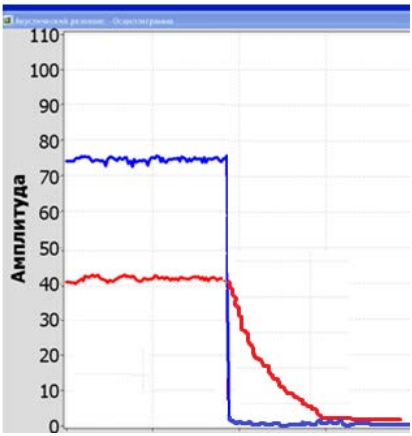


Рис. 7. Запись уровня сигнала при частоте 439 Гц

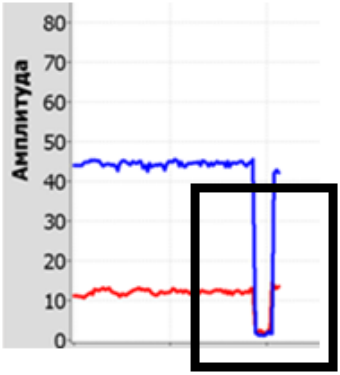


Рис. 8. Запись уровня сигнала при частоте 439 Гц

Синяя линяя – амплитуда колебаний приходящей звуковой волны динамика. Резкий скачок сигналов вниз означает исчезновению звуковой волны, приходящей от динамика, а плавное изменение уровня сигнала в обоих микрофонах соответствует затуханию колебаний вилки камертона, возникших вследствие резонанса со звуковой волной, генерируемой динамиком [6].

Дождаться звучание камертона, спустя несколько секунд выключить динамик. Вновь увеличить частоту на 1 Гц, было 439 Гц, стало 440 Гц. На экране наблюдается явление – звуковой резонанс. Продолжать таким способом увеличивать частоту на 1 Гц, например до 442 Гц.

Выключить проигрыватель и запись сигнала (рис. 9).



Рис. 9. Значок для выключения проигрывателя и записи сигнала

Узнать амплитуду колебаний на разных частотах можно с помощью нажатия левой кнопки мыши на участок. Автоматически на экране, в окошке будет произведен расчет.

Обратить внимание на то, что при частоте 439 Гц амплитуда колебаний установлена 37 (красная линяя) и 12 (синий цвет линии), а во время 440 Гц, амплитуда колебаний 30 (красная линяя) и 10 (синий цвет линии). Следовательно, резонансная частота для данного камертона 439 Гц.

План демонстрации опыта.

Во время опыта учащиеся наблюдают возбуждение колебаний камертона посредством звукового воздействия со стороны динамика. Обратить внимание на то, что звуковая волна от динамика создает периодическую силу, действующую на вилку камертона.

Убедится в то, что наблюдаемый эффект носит резонаторный характер поможет изменение частоты сигнала динамика, например 438 Гц или 441 Гц. Обучающиеся приходят к выводу, колебания вилки камертона при отсутствии резонанса не возникают.

Подведение итогов, звуковые волны, могут служить периодически возникающей вынуждающей силой для колебательных систем и вызвать в этих системах явление резонанса, то есть заставить их звучать. Такое явление носит название звуковой резонанс.

Опыт проводится в девятом классе по физике, УМК И.М. Пёрышкин, А.И. Иванова, при изучение параграфа звуковой резонанс. Его цель это продемонстрировать возбуждение колебаний камертона посредством акустического воздействия со стороны динамика [6].

Во время подготовки, педагог может столкнуться с некоторыми трудностями. Во-первых, отсутствия навыков пользования техникой. Поэтому, следует изучить порядок сборки и способ крепления деталей. Во-вторых, понимание и значение тех или иных данных, умение их анализировать. В-третьих, научиться работать с цифровой лаборатории, устанавливать, менять диапазон частот.

Заключение

Таким образом, описан подробно демонстрационный опыт по теме «Звук». В данной статье указан порядок подготовки и план демонстрации.

При этом нельзя не отметить, использование технических средств позволили повысить точность и качество опыта.

Не стоит забывать, педагогическая эффективность эксперимента зависит от умения педагога правильно произвести интерпретацию полученных данных, акцентируя внимание на определенных моментах [7]. Разработанные методические рекомендации могут быть полезны учителям и молодым специалистам, которые настроены эффективно использовать современное демонстрационное оборудование.

Список литературы

1. Смирнов, А. В. Информационные технологии в обучении физике: учебное пособие / А. В. Смирнов, С. А. Смирнов. – М : МПГУ, 2018. – 220 с. – Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/122350

2. НАУ-РА | Научные развлечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://nau-ra.ru/. – Загл. с экрана.

3. Абушкин, Х. Х. Современные проблемы физики и методики обучения физике в общеобразовательной и высшей школе: сборник научных трудов / под редакцией Х. Х. Абушкина, Н. Н. Хвастунова. – Саранск : МГПИ им. М.Е. Евсевьева, 2018. – 152 с. – Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/128966

4. Ельцов, А. В. Школьный физический эксперимент. Демонстрационные опыты: учебно-методическое пособие / составители

5. Н. Б. Федорова, А. В. Ельцов [и др.]. – Рязань : РГУ имени С.А. Есенина, 2017. – 180 с. – Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/164514

6. Сахаров, Ю. Е. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента: методическое пособие / Ю. Е. Сахаров, Т. В. Воронина. – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2009. – 27 с.

7. Поваляев, О. А. Звуковые колебания и волны. Методические рекомендации / О. А. Поваляев, С.В. Хоменко. – М. : Ювента, 2016. – 48 с.

Реализация актуальных дополнительных образовательных программ – корпоративные тренинг-центры

С. Л. Кенин, email: sergey.kenin@atos.net [1]
В. В. Сафронов, email: vitolik@bk.ru [2]

[1] ООО «Атос АйТи Солюшенс энд Сервисез»
[2] Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Решение задачи формирования кадрового резерва, обеспечение кадрового потенциала в долгосрочной перспективе – это наиважнейший вопрос для любой, а тем более крупной международной компании. Безусловно, подготовка высококвалифицированных специалистов всегда имеет определенные особенности, связанные со спецификой работы компании и направлениями ее деятельности. Реализация совместных дополнительных образовательных программ с ведущими ВУЗами, начиная от этапа привлечения студентов, заканчивая переходом в продуктивные проекты, решение задачи подготовки специалистов по самым современным и востребованным ИКТ-направлениям рассмотрены на примере тренинг-центров компании Атос в Воронеже и Краснодаре.*

Ключевые слова: *Учебный центр, тренинг центр, стажировки, информационно-коммуникационные технологии, Атос.*

Введение

Для любой IT компании вопрос подготовки кадрового резерва является одним из важнейших факторов обеспечения успешной работы предприятия.

Вопрос подготовки кадров, наличие сотрудников, обладающих компетенциями в самых различных областях, формирование кадрового резерва, причем формирование в долгосрочной перспективе – задача непростая, актуальная для всех современных компаний, собственно, для всей современной цифровой экономики.

Компания Атос уделяют этому вопросу огромное внимание, тем более что подготовка высококвалифицированных специалистов для Atos имеет определенные особенности по сравнению с другими компаниями.

Процесс подготовки «с нуля» занимает в компании продолжительный срок от 1 до 6 месяцев. После этого можно условно говорить, что сотрудник может работать самостоятельно и отвечать за вверенную ему сферу деятельности.

© Кенин С. Л., Сафронов В. В., 2022

Обучение, касающееся технической части подготовки специалистов, может вестись только в рамках компании [1-2]. Ни один провайдер образовательных услуг не сможет дать необходимых знаний в области деятельности компании.

Процесс обучения должен быть тесно связан с ежедневной практической работой.

Как добиться высокого качества обучения по самым современным направлениям, мотивированности и желания изучать непростые, сложные дисциплины, сделать так, чтобы выпускник ВУЗа был готов к работе в крупнейших компаниях и его знания были актуальны и востребованы на рынке труда?

1. Задачи корпоративных тренинг-центров

Решение задачи подготовки высококвалифицированных кадров в долгосрочной перспективе, привлечение лучших молодых специалистов и обеспечение высокого качества обучения по самым современным и востребованным направлениям было найдено в результате реализации образовательных проектов совместно с ведущими ВУЗами Воронежа, Краснодара и Таганрога (Южный федеральный университет).

Значительным событием, вошедшим в историю как Атос в России, так и в историю Воронежского Государственного Университета явилось открытие 5 октября 2004 г. Центра подготовки специалистов для Атос. Деятельность Центра базируется на подписанном 30 июля 2004 г. рамочном договоре между Воронежским Государственным Университетом и компанией Атос.

В проекте организации и функционирования Центра принимали участие следующие факультеты ВГУ: экономический, международных отношений, прикладной математики и механики, компьютерных наук и математический. С 2006 года количество ассоциированных факультетов увеличилось – студенты факультета романо-германской филологии также смогли принять участие в нашей образовательной программе.

В настоящее время в Воронеже ООО «Атос АйТи Солюшенс энд сервисез»» сотрудничает также с Воронежским Государственным Техническим Университетом и Воронежским Государственным Педагогическим Университетом. В 2017 году в рамках договора с ВГТУ был организован Научно образовательный Центр Атос (НОЦ Атос).

В рамках реализации партнерских отношений с университетами в 2013 была разработаны и реализованы две корпоративные магистерские программы (SAP ERP и Project Management) совместно с факультетом компьютерных наук Воронежского государственного университета.

В 2016 году на базе факультета ПММ (прикладной математики, информатики и механики) ВГУ было организована кафедра ERP-систем и бизнес-процессов.

Кафедра осуществляет подготовку специалистов в областях: прикладной математики и информатики, управления IT-процессами, компьютерной безопасности. Сочетание фундаментального образования в сфере информационных технологий и подготовки в области управления и экономики предоставляет возможность дальнейшего трудоустройства выпускников кафедры в крупнейших российских и международных ИТ-компаниях [3, 4].

Обучение осуществляется по современным учебным программам в соответствии с профессиональными стандартами IT-рынка, традициями российского высшего образования и с учетом международных практик [5].

В программу, помимо фундаментальных курсов согласно российским образовательным стандартам, включены следующие дисциплины:

– создание, внедрение, анализ и сопровождение информационных систем в области управления предприятиями и организациями (включая введение в SAP, бизнес-процессы в SAP, модули FI, CO, MM, SD);
– финансы, экономика предприятия, другие экономические дисциплины (в т.ч. МСФО);
– управление проектами на предприятии;
– ITIL / IT в бизнесе;
– теория автоматического управления;
– современные методы защиты информации;
– компьютерные сети и их безопасность.

Бакалавриат и магистратура имеют своей целью сформировать общий подход к управлению и поддержке ERP(SAP)-систем, систематизировать знания о процессах управления IT на предприятии, овладеть навыками математического моделирования кибернетических систем и систем компьютерной безопасности.

Кроме продвижения и внедрения современных и востребованных технологий в основные университетские образовательные программы, компания решает и вопрос с подготовкой специалистов непосредственно для работы в компании Атос.

Тут нужно отметить, что партнерство с университетами было локализовано не только в Воронеже, а и в других городах Российской федерации – в 2018 году было подписано соглашение о сотрудничестве в Южным Федеральным Университетом, и в этом же году подписано

соглашение с Кубанским Университетом и был организован Центр подготовки специалистов в Краснодаре (Тренинг-центр).

План обучения ориентирован на реальные проекты компании, составлен с учетом требований работы в этих проектах и рассчитан на глубокую профессиональную подготовку. Для участия в программе привлекаются лучшие студенты старших курсов университетов, которые после завершения обучения приходят в компанию уже в качестве постоянных сотрудников на должности младших специалистов. Продолжительность обучения по основной программе – 9 месяцев (2 семестра), старт программы – октябрь/ноябрь, завершение – июнь следующего года.

Кроме этого, в Центре накоплен большой опыт проведения интенсивных специализированных программ обучения (продолжительность 2-3 месяца) с целью подготовки специалистов для какого-либо срочного проекта компании.

Теоретическая подготовка в Центре подготовки специалистов сочетается с практической работой в воронежском и краснодарском подразделениях компании Атос.

В результате таким образом решается вопрос подготовки младших специалистом для компании Атос, причем такой подход дает ряд неоспоримых преимуществ:

– пул имеющихся людских ресурсов со знанием подхода и процессов Atos;

– возможность создания группы студентов, обучающихся по определенной программе в определенные сроки для удовлетворения требований конкретного проекта (т. е. 15-20 сотрудников с определенными навыками);

– сокращение времени интеграции нового сотрудника в проектную работу;

– сокращение времени поиска и приема сотрудников;

– участие стажеров в корпоративной культуре Atos и деятельности WBW-активностей;

– личностное развитие сотрудников Атос, участвующих в образовательном процессе в качестве наставников;

– эффективная реклама Атос как отличного места для работы среди студентов;

– интеграция новейших технологий и бизнес-процессов в образовательные программы университетов.

Помимо этого, при поступлении в учебный центр со студентом заключается трудовой договор, заводится трудовая книжка и он с момента

начала обучения принимается в штат компании на должность «младший специалист по информационным технологиям».

Общее число слушателей учебных центров в каждом году составляет от 60 до 90 человек и поэтому в настоящее время более 80 процентов сотрудников компании люди моложе 30 лет. Количество обучающихся студентов корректируется каждый год в зависимости от потребностей бизнеса. Итоги набора этого года можно увидеть на рис. 1.

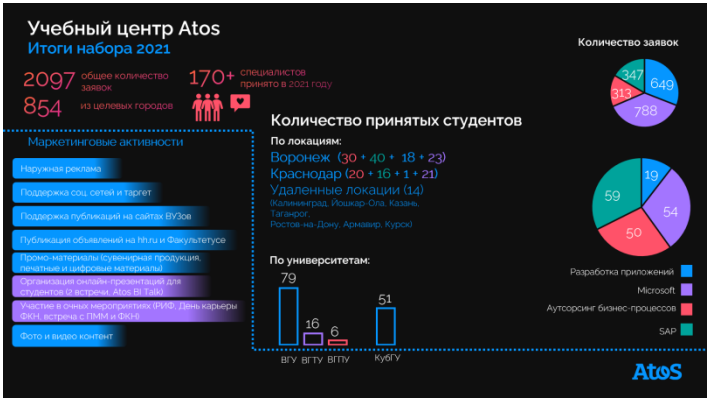


Рис. 1. Итоги набора слушателей учебных центров

Например, в этом году только в Воронеже были приняты 120 студентов, статистика по годам представлена на рис. **2.**

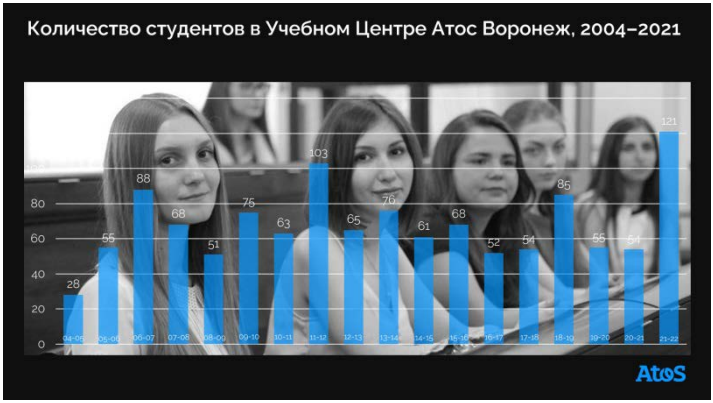


Рис. 2. Количество слушателей Тренинг Центра в ВГУ

Основные ВУЗы, студенты которых приняли участие в изучении дополнительных образовательных программ представлены на рис. 4.

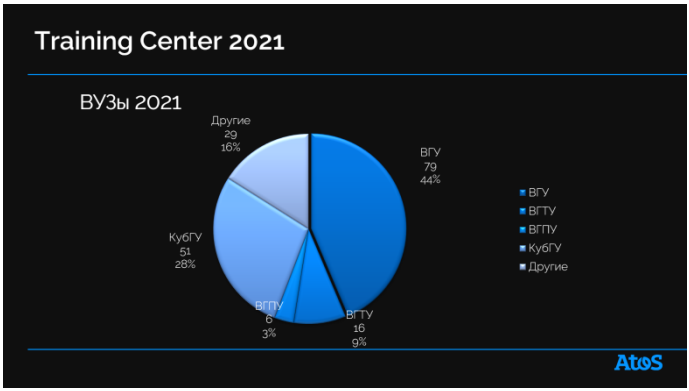


Рис. 3. ВУЗы участники приемной компании

На рисунке рис. 4 приведено распределение по факультетам студентов, обучающихся по дополнительным образовательным программам Атос в ВГУ.

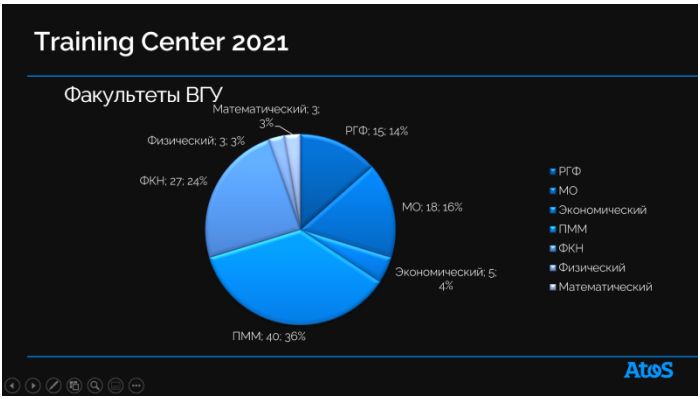


Рис. 4. Распределение зачисленных студентов по факультетам ВГУ

2. Концепт образовательного центра

Помимо непосредственно процесса обучения, для реализации программы необходимо провести ряд предварительных мероприятий – начиная от прогноза количества слушателей, подготовки аудиторий,

согласования самой учебной программы, утверждения и подписания договора, заканчивая формированием контингента слушателей и номинацией кандидатур преподавателей.

Пример, с указанием временных рамок, можно увидеть на рис. 5.

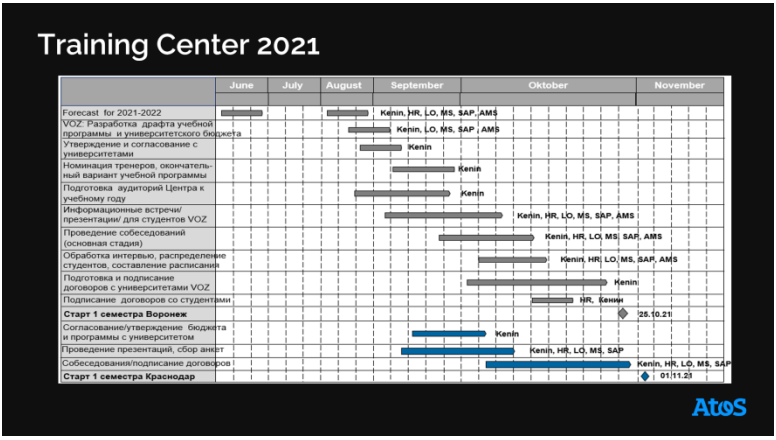


Рис. 5. План подготовки учебного года

В этом году были реализованы несколько основных дополнительных образовательных программ по следующим направлениям подготовки младших специалистов:

– SAP (консалтинг, программирование, администрирование);
– Разработка приложений;
– Microsoft (.NET, SharePoint, Low-code);
– Аутсорсинг бизнес-процессов.

Рассмотрим концепт образовательного центра на примере одного из направлений – SAP ERP (рис. 6).

Продолжительность обучения составляет 2 семестра, 9 месяцев, совпадает с учебным годом в университете, и общая нагрузка составляет 14- 20 академических часов в неделю.

На протяжении всего периода обучения уделяется большое внимание изучению иностранного языка. В первом семестре читаются дисциплины из базового блока, дисциплины, которые важны для каждого сотрудника компании, вне зависимости от проекта, в который он потом попадет. Во втором семестре, после зимней практики и промежуточного тестирования, предусмотрена специализация/разделение студентов– в данном случае это направление SAP и направление Technology Solutions.

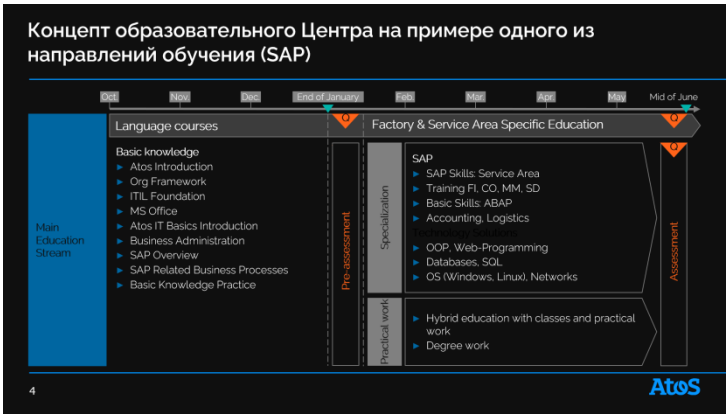


Рис. 6. Концепт направления подготовки SAP ERP

Заключение

В результате, по завершению обучения, выпускник обладает компетенциями из разных предметных областей – знает бизнес-процессы, экономику предприятия, знает систему САП, язык АВАР, умеет работать в этой ИТ системе – и знает иностранный язык как инструмент общения с коллегами, клиентами и партнерами.

С базовыми академическими знаниями, полученными в университете, и дополнительными знаниями, полученными в рамках нашего учебного центра, выпускник становится компетентным и очень востребованным на рынке труда специалистом.

Учебный центр (Тренинг центр) полностью интегрирован в структуру университета, все направления обучения проведены через ученый совет университета, согласованы с отделом дополнительного профессионального образования (ДПО ВГУ) и по завершению обучения университет выдает диплом государственного/установленного образца о дополнительном высшем профессиональном образовании, что является огромным мотивирующим стимулом для студентов-слушателей учебного центра.

Помимо подготовки новых специалистов, наши образовательные Центры имеют возможность проведения курсов повышения квалификации для уже работающих сотрудников по самым разным IT-направлениям с привлечением лучших преподавателей ВУЗов Воронежа.

Таким образом, повышение профессионального уровня сотрудников компании, обучение выпускников лучших высших учебных заведений, инвестирование в образовательные проекты Атос, внедрение современных ИТ-технологий в дополнительные и основные

образовательные программы ВУЗов является фундаментом обеспечения кадрового потенциала в долгосрочной перспективе и одним из важнейших факторов стабильной и успешной работы любой компании.

Список литературы

1. Клочков, А. К. KPI и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов. / А. К. Клочков. – М. : Эксмо, 2010. -160 с.

2. Podval'ny, S. L. Intelligent modeling systems: Design principles / S. L. Podval'ny, T. M. Ledeneva // Научный журнал. Automation and Remote Control. – 2013. – Vol. 74. – №7. – P.1201-1210.

3. Актуальные вопросы подготовки высококвалифицированных специалистов в сфере информационных технологий с участием международных компаний / В. Ф. Барабанов [и др.] // Научный вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – Т. 4. – № 11. – С. 36-39.

4. Кенин, С. Л. Проблемы формирования стабильной системы подготовки квалифицированных специалистов / С. Л. Кенин, Н. И. Гребенникова // Education & Science -2016: матер. междунар. НПК для работников науки и образования. – Science and Innovation Center Publishing House Saint-Louis, Missouri, USA, 2016. – С. 126-129.

5. Совершенствование процесса набора, отбора и адаптации ИТ-персонала в группах технической поддержки / С. Л. Кенин [и др.] // Научный журнал. Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 16-23.

Секция 6
Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

О проблемах подготовки IT-специалистов

С. Н. Батан, email: serg_batan@mail.ru [1]
М. А. Денисенко, email: denisenko@msu.by [2]

[1] Белорусско-Российский университет
[2] Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматриваются общие аспекты и ряд проблем подготовки специалистов IT-профиля в высших учебных заведениях. Отмечается необходимость формирования специалиста, востребованного на рынке труда, с учетом современных тенденций развития общества.*

Ключевые слова: *IT-технологии, IT-сфера, IT-специалист, высококвалифицированный специалист, непоследовательность преподавания, командная работа, эмоциональный интеллект, программный продукт.*

Введение

В настоящее время одним из приоритетных направлений подготовки в учреждениях высшего образования является подготовка IT-специалистов. Это объясняется тем, что сегодня особенно востребованы квалифицированные работники в отраслях, связанных с электронной обработкой данных и разработкой соответствующего программного обеспечения, поддерживающего автоматизацию различных аспектов деятельности [1].

Несмотря на это, на сегодняшний день наблюдается дефицит кадров с ИТ-образованием. Учреждениями образования выпускается специалистов ИТ-профиля существенно меньше, чем ежегодно потребляют ИТ-компании и ИТ-отделы предприятий других отраслей [2]. К тому же не всегда таких специалистов можно назвать высококвалифицированными и способными на должном уровне решать поставленные задачи. Некоторые попросту не могут трудоустроится, а некоторые отсеиваются спустя некоторое время в результате, так называемого, естественного отбора.

На это есть ряд причин, вернее сказать пласт проблем, связанный с подготовкой высококвалифицированных IT-специалистов в системе высшего образования.

© Батан С. Н., Денисенко М. А., 2022

1. Непоследовательность преподавания

Недостаточно высокий уровень подготовки специалистов, несоответствие реального уровня их квалификации документам об образовании связаны с тем, что многие дисциплины, предусмотренные учебными планами, преподаются логически непоследовательно.

Это заключается в том, что, к примеру, студентам третьего курса IT-специальности «Программное обеспечение информационных технологий» преподают предмет «Базы данных» и только на четвертом курсе дисциплину «Проектирование информационных систем», в рамках которой студентов как раз и должны научить проектировать, в частности те же базы данных. И количество таких дисциплин, преподавание которых не выстроено в логическую цепочку, не так уж и мало.

Казалось бы, что в принципе можно организовать обучение и в таком, не совсем последовательном порядке. Но в таком случае студентам нужно четко дать понять, что какие-то связанные знания они получат на старших курсах, а на данном этапе дать им краткий обзор того, с чем им придется столкнуться в дальнейшем. При этом у студентов нужно сохранить или пробудить интерес, давая ощутить дефицит знаний и инструментов для комфортного и эффективного выполнения работ по текущему предмету.

2. Непонимание применимости полученных знаний

Еще одной из проблем подготовки высококвалифицированных IT-специалистов является оторванность преподаваемого материала от понимания применимости полученных знаний в реальной жизни, за пределами учебных занятий.

Нередкими бывают такие случаи, что в результате изучения, к примеру, дисциплины «Системный анализ и машинное моделирование», которая также преподается на вышеуказанной специальности, студенты имеют слабое представление о понятии системы в целом и ее свойствах в частности.

Часто большинство курсов в высших учебных заведениях преподается, как сухая теория с практическими занятиями, которые не ориентированы на решение актуальных проблем. К примеру, некоторые курсы даются без тренировки применения в реальных проектах. Знания без понимания того, как ими можно воспользоваться делают процесс обучения тяжелым и непривлекательным, как для студентов, так и для преподавателей.

Особенно негативно такой стиль преподавания сказывается на компетенциях, связанных с проектированием некоторых продуктов без возможности их реализации.

Здесь стоит отметить, что именно компетенциям отводится ведущая роль в образовательных стандартах нового поколения. В общем случае под компетенциями понимается способность применять знания, умения, навыки, личностные качества для успешной деятельности в различных ситуациях, связанных с профессиональной и социальной деятельностью [1].

3. Командная работа и эмоциональный интеллект

К ряду проблем, рассмотренных выше, можно также отнести проблему, связанную с низким уровнем погружения в командную работу и развитием эмоционального интеллекта.

Глядя на программы высших учебных заведений для ИТ-образования, можно заметить, что в них не принято рассказывать об эмоциональном интеллекте, биомеханике использования эмоциональной (бессознательной) и логической (сознательной) составляющей в процессе выработки и принятия решений. Студентам не объясняют тонкости управлении своими и чужими эмоциями в организации социальных сообществ. Навыки социальной адаптации студенты получают при прохождении образовательных программ, без акцентов на понимание почему происходит именно так.

Студенты видят себя, как специалистов-одиночек. В течении изучения предмета, непреднамеренно развивается чувство соревнования отдельных личностей, а не членов одной команды. Следует отметить, что иногда организуются командные олимпиады и некоторые другие групповые соревнования, но дух сплоченности и ответственности за совместный результат все-таки отсутствует. Такие мероприятия лишь усиливают чувство соперничества.

Выходом из такой ситуации, возможно, могут стать практические занятия, во время проведения которых можно формировать небольшие команды со своим лидером и другими ролями. В течении такого учебного проекта роли могут меняться. Это может дать возможность студентам почувствовать себя специалистами и начать проявлять эмоции характерные для профессионалов. Что сможет значительно замотивировать их в процессе обучения.

4. Производство специалистов без диплома

Следует также отметить, что не редки случаи, когда студенты вместо того, чтобы полноценно обучаться в высшем учебном заведении, работают в ИТ-компании. И зачастую руководство учебный заведений такую практику приветствует. Студент, не получив еще диплома, уже считает себя высококвалифицированным ИТ-специалистом и тем самым лишает самого себя же возможности получить фундаментальные знания.

В результате, скорее всего такой специалист без диплома всю карьеру будет работать на небольших проектах с коротким жизненным циклом. Хотя, возможно, если бы ему на ранних курсах в процессе обучения разъяснили разницу между процессом создания, так сказать, авторских программ и производством серьезных программных продуктов, вероятнее всего ИТ-отрасль получила бы еще одного профессионала.

5. Подготовка IT-спортсменов

Безусловно, участие в различного рода олимпиадах и других групповых мероприятиях может стать весьма полезным опытом для будущего IT-специалиста. Очевидно, что и для самого учебного заведения призовые места своих студентов – это особая гордость. Соответственно, для достижения положительных результатов студентов натаскивают на непродолжительные инновационные проекты, для решения коротких, но трудно решаемых задач.

В жизни же большинства ИТ-компаний ситуация противоположная: специалистам приходится заниматься монотонными, растянутыми во времени работами, которые к тому же время от времени заставляют возвращаться на исходные позиции для нового прохождения уже освоенного. Подготовленные вышеописанным образом специалисты быстро покидают длинные дистанции реальных проектов.

Заключение

Возможно, для решения вышерассмотренных проблем нужно, чтобы процесс преподавания на IT-специальностях был организован в виде связанных, последовательных блоков обучения, соответствующих процессу производства программного обеспечения.

Процесс преподавания дисциплин нужно структурированность, сопрягая его с самим процессом производства программных продуктов. Например, от обучения методам сбора и формализации потребностей заказчика, к обучению планирования процесса производства программного продукта. От проектирования продукта и инфраструктуры для его использования, к методам и способам его реализации и верификации и т.п.

Для этого, в свою очередь, необходимо с самого начала глубоко вселить в будущих ИТ-специалистов четкое понимание самого процесса и технологий производства программных продуктов, создавая на весь период обучения технологическую карту процесса производства ИТ-продукта. Далее проводить большую часть дисциплин, как реализацию этой карты, постоянно привязывая выполняемую работу к ее этапам.

Начиная со старших курсов полезной может быть организация в учебном заведении, совместно с заинтересованными работодателями, коллективов по производству программного обеспечения исследовательского характера. Формировать команды студентов, которые должны шаг за шагом до конца обучения создавать вспомогательные элементы продукта для получения конечного программного продукта в целом. Целесообразно также производить защиту дипломной работы на базе этого же, созданного продукта.

Список литературы

1. Рудикова, Л. В. О подготовке специалистов в области информационных технологий / Л. В. Рудикова, Е. В. Жавнерко, В. С. Скращук // Информатизация образования – 2014: педагогические аспекты создания и функционирования виртуальной образовательной среды: материалы международной научной конференции, Минск, 22-25 окт. 2014 г. – Минск : БГУ, 2014. – С. 341-344.

2. Слугина, Н. Л. Повышение уровня подготовки кадров в области современных информационных технологий на базе центра компетенций / Н. Л. Слугина, В. М. Гриняк // Современные проблемы науки и образования. – Москва, 2012. – С. 205.

Изучение современных технологий программирования при создании компьютерной игры в среде Scratch

О. А. Бистерфельд, email: bist19@yandex.ru
Н. Е. Романов
В. А. Костин

СОШ № 66 г. Пензы имени Виктора Александровича Стукалова

Аннотация. *Описан опыт изучения современных технологий программирования школьниками 2-6 классов, приведен пример написанного шестиклассниками приложения.*

Ключевые слова: *технологии программирования, сценарные языки, среда Scratch, методика обучения.*

Введение

Наш президент Владимир Владимирович Путин на конференции по искусственному интеллекту констатировал, что «школьники все еще изучают языки, элементы программирования, которые применялись даже в прошлом веке. Нужно значительно расширить существующие рамки преподавания информатики» [1, 2].

Учителям информатики СОШ № 66 г. Пензы имени Виктора Александровича Стукалова поставлены цели:

– знакомить школьников, начиная со 2 класса, с современными технологиями программирования;

– повысить интерес школьников к изучению информатики;

– при создании проектов научить ребят работать в команде.

Для осуществления поставленных целей необходимо решение следующих задач:

– обеспечение учащихся современными компьютерами и программными средами;

– организация дополнительных занятий и кружков программирования;

– организация конкурсов и конференций для изучения достижений учащихся других школ региона и школ других регионов, обмена опытом;

– применение современных технологий развивающего обучения.

В СОШ № 66 г. Пензы имени Виктора Александровича Стукалова учащиеся инженерных классов начинают изучать современные технологии программирования еще в начальной школе. Учащиеся 2-6 классов разрабатывают приложения в Scratch – визуальной событийно-

© Бистерфельд О. А., Романов Н. Е., Костин В. А., 2022

ориентированной среде программирования, созданной специально для детей и подростков. Для ребят, желающих углубленно изучать программирование, организованы кружки.

Участниками одного из кружков разработана компьютерная игра «Kind little clouds». О технологиях программирования, примененных при ее создании, будет рассказано ниже.

1. Сюжет игры «Kind little clouds»

Авторами была сделана попытка создать самую добрую компьютерную игру.

Киви, Апельсинка, Виноградик – три облачка (рис. 1). Набрав в себя воды, они спешат домой на небо. Пройдя долгий путь вверх по хрустальной лестнице, они прольются над плантациями киви, апельсиновыми рощами, виноградниками. Этим они помогут людям вырастить хороший урожай фруктов.

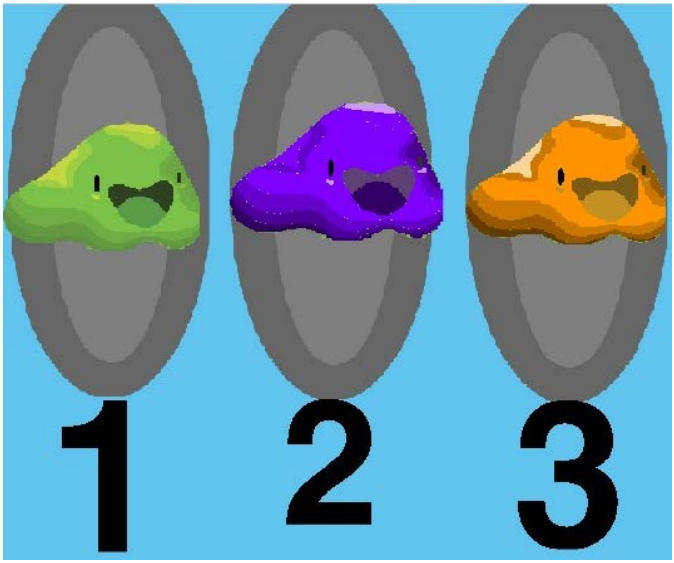


Рис. 1. Выбор игрового персонажа

Облачка – франты, они любят пофорсить новыми шляпками, зонтиками, бантиками и другими аксессуарами. Обновки появляются при наборе нужного количества очков. Несколько примеров костюмов спрайтов приведено на рис. 2.



а б в

а – Киви, б – Апельсинка, в – Виноградик

Рис. 2. Примеры костюмов спрайтов

2. Применение современных технологий программирования при создании приложения

При разработке приложения в среде Scratch применяются современные технологии программирования: модульное, объектно-ориентированное, событийно-ориентированное программирование, компонентный подход.

Модульное программирование. При создании приложения используется сценарный (скриптовый) язык. Управляющие персонажами скрипты (рис. 3) выполняются параллельно или как сопрограммы. Эта технология позволяет упростить и ускорить написание и отладку приложения.

Объектно-ориентированное программирование. Приложения, разрабатываемые в среде Scratch, состоят из объектов – спрайтов (рис. 3). У спрайтов есть свойства (костюмы, видимость на экране, слой, размер, цвет, яркость и др.) и поведение (специальные блоки кода позволяют спрайтам перемещаться, поворачиваться, «думать», говорить, менять костюмы и т.п.).

Обычно объекты являются экземплярами какого-нибудь класса. В игре «Kind little clouds» есть класс Clouds (Облачка), его экземпляры – Киви, Апельсинка, Виноградик.

Технология объектно-ориентированного программирования значительно упрощает создание приложения. Программист выделяет отдельные компоненты и продумывает их свойства и поведение. Такой же подход используется во многих популярных языках, например, C# и Java.

Событийно-ориентированное программирование. При использовании этой технологии выполнение программы определяется событиями: пользовательскими (нажатие клавиш), системными (например, сообщение от таймера) или программными, генерируемыми

самой программой. Вкладка «Сенсоры» (блоки голубого цвета, рис. 3) позволяет разработчику выбрать тип события: нажатие клавиш, касание спрайтом края и др.

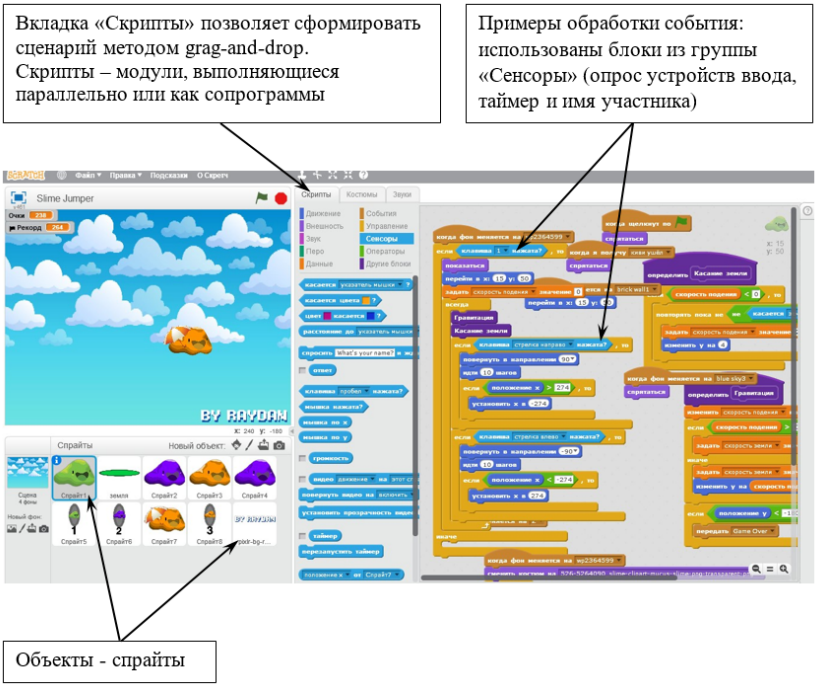


Рис. 3. Применение модульного, объектно-ориентированного, событийно-ориентированного программирования при создании игрового приложения в среде Scratch

Компонентный подход. Главным преимуществом создания приложений из компонентов является уменьшение времени создания программ и затрат на разработку за счет выбора готовых компонентов. В системе Интернет в данный момент имеется много разных библиотек, содержащих повторно используемые компоненты, и их можно использовать в новых проектах.

На рис. 4 показана библиотека спрайтов Scratch. Взять готовые картинки для спрайта также можно из бесплатных библиотек с png изображениями в сети Интернет.

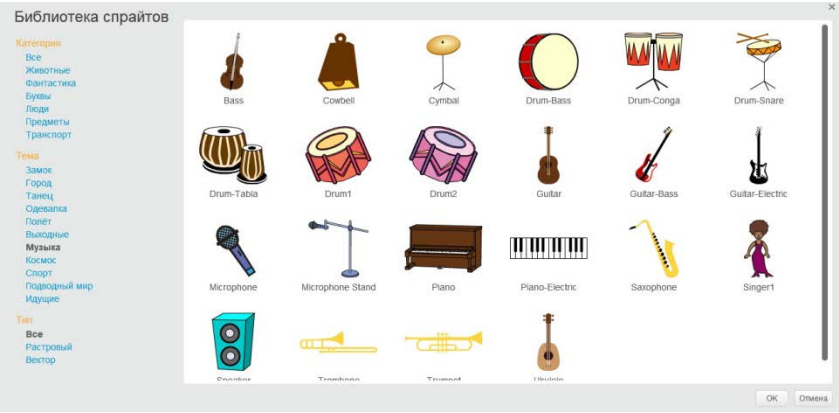


Рис. 4. Библиотека спрайтов Scratch, тема: Музыка

Заключение

При разработке приложений в среде Scratch школьники знакомятся с современными технологиями программирования.

На занятиях кружка программирования авторами создана компьютерная игра в жанре аркада – «Kind little clouds». Игра отличается добротой и симпатичностью персонажей-спрайтов, яркими красками костюмов спрайтов и фонового изображения. При ее создании были получены и закреплены навыки написания программ, работы в команде.

В настоящее время участники кружка изучают особенности разработки приложений для мобильных устройств. Умения и навыки, полученные при создании приложений в среде программирования Scratch, созданной для детей и подростков, помогают освоить более сложные системы программирования.

Список литературы

1. Голиков, Д. В. Книга юных программистов на Scratch / Д. В. Голиков, А. Д. Голиков; SmashWords, 2013. – 140 с. – ISBN 978-1310227554.

2. The LEAD Project. Super Scratch Programming Adventure! Learn to Program. – No Starch Press, 2012. – 160 p. – ISBN 978-1-59327-409-2, 978-1-59327-531-0.

ИКТ компетентность современного педагога

Л. А. Рябова, email: boltnev_i@mail.ru

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Воронежской области «Воронежский политехнический техникум»

Аннотация. *В статье рассматривается ИКТ-компетентность преподавателя, даны примеры новых образовательных технологий. Приведены примеры использования IT-технологий на занятиях. В выводе доказывается необходимость использования ИКТ-технологий, но важная роль принадлежит учителю. От его ИКТ-компетенции и профессиональных знаний зависит и качество обучения.*

Ключевые слова: *ИКТ-компетентность, новые образовательные технологии.*

Введение

Педагог обладает профессиональными, индивидуальными, личностными качествами, которые в совокупности обеспечивают эффективность его труда. Мы привыкли, что живем в XXI веке, который называется информационным или цифровым. Понятно, что объем информации превышает потребность в ней, что применение компьютеров в различных профессиях достигло своего апогея. Но внезапный переход на обязательное дистанционное образование никого не оставил равнодушным, стресс испытали все. Родители переживали, преподаватели и учащиеся испытывали трудности. Одни – при разработке заданий, другие – при их выполнении, но большинство, судя по нашему техникуму, оказались в затруднительном положении из-за наличия компьютера, оснащенного видеокамерой, доступа к интернету в любое время, умении установить программное обеспечение для онлайн занятий. Можно много перечислять, что мешало эффективному обучению, но, с уверенностью могу сказать, что все достойно вышли из этой ситуации. Самое важное, что поняли преподаватели – это знание новых информационных технологий и умение ими пользоваться, т.е. возникла необходимость не только в формировании ИКТ-компетентности, но и в ее постоянном развитии и эффективном использовании.

© Рябова Л. А., 2022

1. ИКТ компетентность современного педагога

В нашем техникуме все преподаватели обладают ИКТ-компетенцией. Ведь для того, чтобы подготовиться к уроку не надо идти в библиотеку, можно всю нужную информацию найти на просторах интернета. При нехватке времени для разработки собственных заданий, учителю очень помогают различные сообщества учителей, конференции, семинары, личные сайты преподавателей. Важно уметь пользоваться браузером, правильно задать запрос, найти нужную информацию, сохранить. Если нужная информация находится в архивном файле, то нужно уметь извлечь ее, выделить главное, чтобы можно было применить на занятии. В прошлом году на сайте техникума добавлен раздел «Дистанционное образование», в котором все преподаватели ежедневно выкладывали свои разработки уроков, заданий, презентаций, также экзамены проходили в режиме реального времени. Помимо электронных разработок надо обязательно проводить занятия on-line или указать ссылку на видеолекцию. Поэтому на сайте техникума появились видеоуроки системного администратора «Как работать в среде Zoom». Большая часть преподавателей провела эти уроки, освоив Zoom. Zoom – это сервис беспроводного взаимодействия для организации видеоконференций, вебинаров, групповых чатов. Платформа позволяет общаться посредством видео- и/или аудио связи. Есть ограничения на время видеосвязи (40 минут) и количество пользователей, не более 100 человек. Для одного пользователя время неограниченно и можно сохранить как видеолекцию.

В 2021 я обучалась на курсах (АНО ДПО «Институт современного образования») и писала курсовую работу, при подготовке к которой нашла учебник «Информационные и коммуникационные технологии в образовании: монография. Под. редакцией: Бадарча Дендева» [1]. Глава 2 «ИКТ-компетентность и профессиональное развитие педагогических работников» посвящена ИКТ-компетентности преподавателей, тенденциям, определяющим требования к уровню ИКТ-компетентности современного учителя, причем к этому учебнику предлагается выполнение практических заданий. Основная цель курса – сформировать общую для всех педагогов готовность интегрировать образовательные технологии на основе ресурсов ИКТ в педагогическую практику. Меня удивило, что ИИТО ЮНЕСКО третий раз предлагало перейти на дистанционное обучение, начиная с 2006 года. Поэтому ведущие учебные заведения были готовы к этому переходу, а в нашем техникуме почти половина студентов являются иногородними (понятно, что это не города, а различные села), а также для СПО не было президентских программ в поставке вычислительной техники и программного обеспечения. Если

учесть, что в Воронеже бывают перебои со светом, то в селах и подавно. Выражаю признательность всем преподавателям, которые остались работать на своих местах, смогли мобилизоваться и разработать уроки, отвечающие современным условиям.

Конечно, можно выделить целый ряд характеристик, присущих только компьютерным видам обучения: интерактивность (выстраивание диалога с пользователем), мультимедийность (разнообразие средств представления информации (аудио, видео, графическая и т. д.), моделинг (моделирование реальных объектов и процессов с целью их исследования), коммуникативность (направленность на взаимодействие), производительность (сокращение рутинной работы за счет автоматизации многих процессов), что по большому счету позволяет настроить образовательный процесс под индивидуальные потребности учащегося. В этом году на XXI Международной НПК выступала Злотникова И. Я., профессор Ботсванского международного университета науки и техники, которая сказала, что она преподает в нескольких европейских институтах, благодаря дистанционному образованию, поскольку не надо переезжать из страны в страну. Сомова Н.С., тьютор частной практики и онлайн-школы «Фоксфорд», поделилась, что у нее на курсах ученик второго класса самостоятельно, с помощью онлайн сервисов, изучил язык программирования. Возможно, хорошо, но таких целеустремленных ребят мало, в основной массе их надо направлять, поэтому считаю, что невозможно осуществить полный переход на дистанционное образование.

Приведу новые образовательные технологии, которые появились в настоящее время:

1. Мобильное обучение (mobile learning, m-learning) создано благодаря беспроводным технологиям, поддерживающим гибкое, доступное, индивидуальное обучение, когда большинство людей используют мобильные телефоны и персональные медиаплееры, планшеты, карманные персональные компьютеры (КПК), смартфоны и ноутбуки (https://we.study – платформа для организации обучения). Одним из вариантов мобильного обучения является концепция «BYOD» – Bring Your Own Device, дословный перевод – «Принеси свое собственное устройство». Смысл технологии BYOD в образовании – это мобильное обучение, основанное на использовании личных устройств детей и преподавателей.

2. Облачные технологии (cloud computing), которыми пользуются и преподаватели, и студенты, для того, чтобы выложить видео лекции или собственные работы, а также компании, которые строят ИТ-решения в облаке;

3. Социальные медиа – социальные сети представляют собой веб-сайты или приложения, которые позволяют людям, объединенным общим делом или интересами, интерактивно взаимодействовать друг с другом, являются наглядными примерами приложений, обеспечивающих учащимся и учителям возможность делиться информацией, как в рамках класса или школы, так и с пользователями из других стран.

4. Интернет вещей (IoT) – представляет собой сеть вычислительных устройств, встроенных в предметы ежедневного обихода (которые не являются компьютерами и смартфонами), что позволяет им обмениваться данными, оказывает огромное влияние на множество аспектов повседневной жизни, изменяет сами процессы обучения и преподавания.

5. Искусственный интеллект применяется в том случае, когда машины (компьютеры) имитируют такое мышление или поведение, которое обычно ассоциируется с человеческим интеллектом – например, обучение, речь и решение задач. ИИ применяется в экспертных системах, системах распознавания речи и обработки естественного языка, технологии машинного зрения и получения изображений. Duolingo для изучения иностранных языков, Thinkster для обучения математики, Querium осуществляет немедленную обратную связь с учащимся, если что-то выполнено неверно, Alta by Knewton определяет и заполняет пробелы в знании. Камеры с ИИ помогают анализировать поведение учеников [2]. Однако, распространение ИИ вызывает опасения с соблюдением прав человека, например, присвоение QR-кодов, что позволяет сравнивать человека с товаром.

6. Открытые образовательные ресурсы – это любые образовательные ресурсы, которые представлены в открытом доступе. Например, сайт Полякова К. Ю. по информатике, сайты «Инфоурок», «ЯКласс», «Видеоуроки» и много других.

7. Открытые бейджи – неофициальный бесплатный международный стандарт, так называемая «персональная валюта», подтверждающая подлинность полученных навыков и достигнутых результатов обучения, которая является основой доверия, отношений и репутации [3].

8. Виртуальная реальность и дополненная реальность – это созданная с помощью компьютера симуляционная среда, с которой человек может взаимодействовать. Дополненная реальность добавляет отдельные искусственные элементы в восприятие реального мира, а виртуальная реальность создает новый искусственный мир. Например, Aurasma – ведущее в отрасли приложение дополненной реальности,

которое изменяет жизнь миллионы людей видеть и взаимодействовать с миром.

Результатом применения ИКТ-технологий на уроках является их разнообразие: использование презентаций, видеофильмов, игровых технологий. Если студентам будет интересно, они смогут больше запомнить, смогут выполнять более сложные задания. Вспомним известные цитаты: «То, чему мы учимся с удовольствием, мы никогда не забываем» – Альфред Мерсье. «Обучение – это процесс на всю жизнь, но наступает время, когда мы должны перестать добавлять и начать обновление» – Роберт Браулт. Как раз под обновлением можно понимать применение IT-технологий.

2. Работа с виртуальными лабораториями

Хочу поделиться опытом работы с Виртуальными лабораториями, которые представляют собой программное обеспечение или даже целый программно-аппаратный комплекс, который позволяет проводить разного рода эксперименты без прямого контакта с реальным оборудованием или объектом исследования. Они бывают связаны с физикой, биологией, химией, астрономией. Такая программа создает особые возможности для реализации интерактивного обучения. Виртуальные лаборатории можно классифицировать по степени интерактивности, которая характеризует глубину обучающего взаимодействия учащихся с компьютерной программой.

Например, с помощью Виртуальной образовательной лаборатории «Исследование изменений в экосистемах на биологических моделях (аквариум)» можно ухаживать за рыбами в аквариуме. Нужно создать устойчивую систему, которая в течении 30 дней сможет жить, благодаря правильно подобранным параметрам (освещение, питание, количество водорослей).

Виртуальной лаборатории по астрономии нет, но есть приложения, которые можно установить на компьютер. Например, приложения: SkySafari, SkyView Lite, Stellarium. SkyView Lite – бесплатное мобильное приложение, которое помогает находить и идентифицировать различные небесные объекты. Функция дополненной реальности позволяет использовать камеру для обнаружения объектов на небе.

Сервис LearningApps.org создан для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей, позволяет создавать огромное количество типов заданий. На сайте http://learningapps.org имеются готовые интерактивные упражнения, а также можно создать свои – разного типа: игра на развитие памяти, викторина с выбором правильного ответа, кроссворд, лента времени, найти пару, порядок,

сетка слов, таблица соответствий, пазл «Угадай-ка», расставить по порядку, заполни пропуски, голосование и т.д. [6]

Конечно, презентация помимо наглядности, позволяет более продолжительное время удерживать внимание студента, увеличивает познавательный интерес и, следовательно, он может больше запомнить. Могу констатировать, что студентам нравится не только смотреть презентации, но и создавать их. Примером могут служить мультфильмы, созданные в программе MS PowerPoint, когда меняются фон, объекты, персонажи, которые сами являются анимированными, скачанными из интернета, и выполняют анимацию. Например, девочка на роликах уменьшается в размере при движении вперед. А также работы студентов, созданные в MS PowerPoint, аналогичные играм «Кто хочет стать поваром», «Где логика», которые можно использовать на занятиях. Нельзя не сказать о веб-квестах, которые можно найти в интернете или создать самим с помощью kvestodel.ru, learnis.ru. Мои студенты создавали квест в MS PowerPoint, а также игру «Найди четные числа» с использованием триггеров. В игре на экране по разным траекториям, с разной скоростью движутся шарики с числами. Если число четное, то при щелчке по шарику происходит его исчезновение, а при нечетном числе шарик начинает вращаться.

Еще можно монтировать фильмы, записывать видеоуроки, создавать ребусы онлайн и др. Поэтому важно, чтобы в образовательном учреждении была техника, соответствующая данным запросам, доступ к интернету и, самое главное, – наличие преподавателя, которому самому интересно учиться и вести за собой ребят.

Компьютерные технологии обучения предоставляют большие возможности в развитии творчества, как учителя, так и учащихся, повышают индивидуальность и интенсивность обучения, усиливают мотивацию обучения. У студентов появляется желание для участия в различных конкурсах, выполнения более сложных заданий, а преподаватель из наставника становится единомышленником.

Мой опыт использования информационных технологий показал, что обучающиеся более активно принимают участие на уроке, проблемные ученики выполняют задания квестов, им интересно. Время на подготовку учителя к уроку с использованием ИКТ увеличивается. Но, постепенно накапливается опыт и методическая база, создаваемая совместно с учениками, что значительно облегчает подготовку уроков в дальнейшем. Важно, чтобы учитель хотел и мог проводить запоминающиеся уроки с использованием ИКТ. «Кто хочет действовать, тот ищет возможности, кто не хочет – ищет причины» – Сократ.

Заключение

ИКТ – реальность современного урока. ИКТ-компетентность современного учителя – важнейший показатель успешности его деятельности, а также и дальнейшего повышения уровня его профессиональной компетентности. Компьютер освобождает время учителя, выполняя многие рутинные работы, позволяет ему больше внимания уделять индивидуальным работам с учащимися, творчески подходить к учебно-воспитательному процессу. Я буду продолжать использовать ИКТ в дальнейшей педагогической деятельности, потому что эффективность обучения с применением ИКТ может быть достигнута лишь в том случае, если сам учитель понимает и осознает перспективность такого обучения, применяя в своей практике современные методы и формы обучения. Важно, что роль учителя остается ведущей, нельзя все уроки проводить с помощью ИКТ, также как нельзя все уроки проводить в форме игровых технологий. Уроки должны быть разнообразными, они должны быть направлены на качество обучения, эффективность применения IT-технологий, повышение технологической культуры учащихся.

Список литературы

1. Структура ИКТ-компетентности учителей. Рекомендации ЮНЕСКО 3 версия, 2019 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://iite.unesco.org/ru/publications/struktura-ikt-kompetentnosti-uchitelej-rekomendatsii-unesco/

2. Павловская, Марина «4 примера использования искусственного интеллекта в онлайн-обучении». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://vc.ru/hr/159505-4-primera-ispolzovaniya-iskusstvennogo-intellekta-v-onlayn-obuchenii

3. Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://iite.unesco.org/ru/

4. Иванова, И. Н. «Информационно-коммуникационные технологии в образовании», [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2018/11/06/informatsionno-kommunikativnye-tehnologii

5. Исследование изменений в экосистемах на биологических моделях (аквариум). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.virtulab.net/index.php?option=com_content&view=article&id=189:2009-08-30-11-00-32&catid=45:10&Itemid=106

6. Программа LearningApps.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://learningapps.org

Содержание

КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАТИКА: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ»

Пленарные доклады

Ерешко Ф. И. Моделирование в цифровых проектах АПК.....4

Секция 1. Методы и технологии разработки программных систем

Борисенков Д. В. Проблемы идентификации участников событий .. 42
Галлямов Р. И. Проектирование программного обеспечения подсистемы управления для работы лабораторного комплекса..... 48
Дмитриев О. С., Дмитриев А. О. Пользовательский интерфейс ИИС исследования реологических характеристик связующих полимерных композитов 54
Ершова Е. Р., Матвеева М. В. Разработка приложения «Заметки репетитора» 61
Клейменов И. В., Махортов С. Д. Алгебраические модели нечетких интеллектуальных систем с использованием (max-prod)-композиции..... 68
Рубан А. А., Балакирев Н. Е., Майдан А. Э. Использование операторного языка для реализации операций, обеспечивающих специализированные исследовательские системы 76
Савинков А. Ю. Реализация протокола MODBUS RTU на микроконтроллерах семейства STM32..... 86
Старкин М. В. Проектирование и разработка технологического стека для обеспечения релизного процесса в рамках облачной разработки для крупного корпоративного решения..... 96

Секция 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Бакаев Г. Н., Круссер И. В., Федосеев А. А. Построение модели климатической классификации ETP 102
Баранов Р. А., Пресняков М. Ю., Ненашев К. Ю., Сковородкин С. П. Подходы к моделированию системы связи авиационного формирования..... 109
Башлыков С. Н., Ножкин В. С., Самсонов А. В., Петренко С. П. Методическое обеспечение снижения фактора метеорологической неопределенности в задачах принятия решений 114

Беззубов Н. А., Феофилов С. В. Сравнительный анализ нейрорегуляторов пакета прикладных программ Neural Network Toolbox 125
Белоусов С. С., Федюнин П. А. Модель мониторинга и адаптации функционального состояния системы связи авиационного формирования 132
Беспалов С. В. Алгоритм расчета характеристик атмосферной циркуляции при среднесрочном прогнозе погоды..... 138
Блинов А. В., Иванутки А. Г., Авилес Н. А. К вопросу организации оперативной службы на объектах радиотехнического обеспечения аэродромов государственной авиации..... 146
Бондарев В. Г., Ипполитов С. В., Лопаткин Д. В., Титов Д. Е. Имитационное моделирование системы управления беспилотного летательного аппарата Ястреб-1 151
Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Роговенко О. Н., Чернышов М. А. Программное обеспечение оптико-электронной системы межсамолетной навигации беспилотного летательного аппарата 157
Бочаров А. С., Дармограев В. В., Пищулин И. В. Автоматизированное рабочее место исследования авиационных электроприводов..... 162
Булгин Д. В., Шмырев Е. А., Суворов С. Ю. Методические аспекты моделирования влияния электрического поля Земли на атмосферные процессы 169
Буховец А. Г., Горностаев А. К. Особенности итерационных методов построения фракталов 175
Вахтин А. А., Туровский Я. А. Применение алгоритма MSI для распознавания когнитивного вызванного потенциала P300 182
Гедзенко Д. В., Никонов С. А. Методические (аспекты моделирования степени сложности погоды с учетом инверсионных слоев 187
Горин А. Н., Ходырева Н. Е. Определение в Matlab параметров системы управления электроприводом постоянного тока методом статистических испытаний 192
Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В. Прогностическое моделирование скорости движения атмосферы на основе стохастических регрессоров..... 199
Дорофеев В. В., Гедзенко Д. В., Качалкин П. Ю. Методические аспекты моделирования метеорологического обеспечения полетов с использованием программно-технического комплекса 207

Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С. Модель расчета высоты конвективно-неустойчивого слоя атмосферы с учетом задерживающих слоев 213
Дубровина О. В. Моделирование процесса взаимодействия незрячего пользователя и сетевой информационной системы 218
Дудин А. Н., Афанасьев А. Д., Дьяченко В. А. Подходы к оценке потенциалов авиационных формирований 223
Жигулин В. А. Моделирование радиоприёмного устройства коротковолнового диапазона в САПР Advanced Design System 228
Иванутkин А. Г., Блинов А. В., Уткявичус М. В. Подход к совершенствованию систем радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации 236
Илларионов Б. В., Малиев Д. С., Шевченко В. В. Имитационная модель процесса распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи 240
Исламова С. А., Мокшин В. В. Применение информационных технологий в нефтедобывающей промышленности 245
Казьмин А. И., Федюнин Д. П., Федюнин П. А. Оценка точности и достоверности измерения электрофизических параметров (анизотропных материалов и покрытий методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели 254
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Манин В. А. Оценка точности измерения электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели 262
Канищева О. И., Служенко И. Н. Решение задачи о замене оборудования методом динамического программирования 270
Капитанов В. В., Козирацкий А. Ю., Вихляев Д. А. Способ определения дальности до источника оптического излучения 279
Кожевников М. А., Алямкин А. В., Васильев Г. В., Торгашов К. В. Подход к противодействию кросс – протокольным атакам 284
Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Головин И. О. Компьютерное моделирование в задаче обоснования пространственных характеристик аэрозольного прикрытия наземного объекта 291
Кононов А. Д., Кононов А. А. Моделирование фазоразностной информационной системы автоматического управления движением мобильных объектов 296
Копытин И. В., Крыловецкая Т. А., Крыловецкий А. А., Забалуев И. С. Моделирование нуклеосинтеза обойдённых изотопов в бинарных системах нейтронная звезда – черная дыра 302

Костылева Л. Н., Громковский А. А. Компьютерные технологии оптимизации систем экологического мониторинга техногенно нагруженной территории 308
Кузнецов И. Е., Булгин Д. В., Волков В. С. Модель оценки заряда облаков и осадков по радиолокационным данным 315
Кузнецов И. Е., Кирносов С. Л., Долгих Д. Б. Фрактальная модель формирования облачных систем с использованием дробных дифференциальных и интегральных операторов 319
Курьянов И. Ю., Петухов А. П. Разработка компьютерной модели определения дальности обнаружения самолетов радиолокационными станциями 329
Лебедев И. В., Уварова А. А., Мочалова М. С., Безчаснюк А. Н., Меньшутина Н. В. Моделирование процессов транспортировки и высвобождения активных фармацевтических ингредиентов из аэрогельных частиц 335
Мартьяшкин А. Б. Модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и гелиофизической информации 345
Маслабойщиков А. Н., Веремьёв Н. А., Прохров М. А. Оценка объема метеорологической информации 351
Мельников А. В., Машин В. Ю. Выбор типа катализатора теплового способа защиты от обледенения крыла беспилотного летательного аппарата 357
Можей Н. П. Исследование однородных пространств с совершенной алгеброй голономии 362
Молев А. А., Зайцев И. В., Воронов А. А. Оценка помехозащищенности канала управления беспилотным летательным аппаратом в условиях воздействия помех от движущегося источника на основе имитационного моделирования 367
Мохова Е. К., Гордиенко М. Г. Математическая модель вакуумной сублимационной сушки с неравномерным распределением паров по объемам лабораторного и промышленного лиофилизаторов 378
Мулькибаев Е. Ш., Головченко Е. В., Безрядин В. А. Оценка потенциала системы связи авиационного формирования 388
Ножкин В. С., Семёнов М. Е., Башлыков С. Н., Самсонов А. В. Гидродинамическая модель транспортных потоков со случайными параметрами 393
Осипова И. А. Особенности визуализации экспериментальных данных с помощью программы SciDAVis 396

Пешков И. В. Расчёт множественных дифракционных потерь при распространении ОВЧ-радиосигналов между городами Елец и Липецк на основе метода Эпштейна – Петерсона и МСЭ 402
Подрезов Д. В., Балакирев Н. Е., Фадеев М. М. Оценка количества правильных конфигураций для количественных отношений 408
Попов В. В., Повхлеб В. А., Уткин А. А., Жуковского Н. Е., Гагарина Ю. А. Моделирование работы измерителя дальности видимости 418
Пресняков М. Ю., Данилин М. А. Направления повышения качества декаметровой радиосвязи 427
Прошунин А. И., Толкачев А. В. Анализ сходимости ряда Флинта-Хиллза 433
Пчелинцев А. Н. Высокоточные вычисления для моделирования нелинейных динамических систем с аттракторами 437
Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Евсеев А. В., Сторожук Ю. В. Электродинамический анализ и синтез антенных решеток для беспилотных комплексов мониторинга со сниженной радиолокационной заметностью 444
Разиньков С. Н., Богословский А. В., Борисов Д. Н. Численный анализ эффективной площади рассеяния беспилотного летательного аппарата самолетного типа 452
Рузикулов А. Р., Ахмедов Ш. А. Вопросы разработки программно-алгоритмических средств проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочных машин 458
Рябов А. В., Алексеев А. Е. Вопросы обеспечения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи в условиях радиоэлектронного конфликта 468
Ряжских В. И., Ряжских А. В., Рябцев В. А. Плоское напряженное состояние проушины, соединенной с жестким круглым включением 476
Самсонов А. В., Башлыков С. Н., Ножкин В. С. Модель оптимального управления беспилотным летательным аппаратом при облете зон с грозовой деятельностью 483
Соколов М. В., Даренских В. О., Дорофеев А. А., Тодояков Я. С. Подход к повышению эффективности обфускации кода с использованием смешанной булевой арифметики 488
Соловьёв А. М., Семёнов М. Е., Сельвесюк Н. И., Новиков В. М., Карпов Е. А. Динамическая реконфигурация бортовой распределенной информационно-вычислительной среды на базе ОСРВ JetOS 494

Тищенко А. И. Математическая модель оптимального распределения сил подразделения беспилотной (авиации по поставленным групповым целям 503
Туровский Я. А., Борзунов С. В., Алексеев В. Ю. Информационная система оценки распределения внимания операторов в условиях группового управления 508
Туровский Я. А., Борзунов С. В., Алексеев В. Ю., Мурадова Л. Г., Миронкин А. П. Сравнительная оценка эффективности методов машинного обучения в прогнозе работы окулографического интерфейса 512
Ульшин И. И., Соловьев А. В. Комплексное использование графических фигур при разработке метеорологических прогнозов 518
Черепанов Д. В., Барсуков Н. Е., Гордеев А. А. Методика расчета времени рассеивания адвективного тумана в южных районах Приморского края 528
Чертков В. М., Адамовский Е. Р., Богуш Р. П. Определение статических параметров базовой станции LTE сети в точке приема радиосигнала 533

Секция 3. Технологии обработки и защиты информации

Ganiev A. A., Azizova Z. I. Personal data security management and privacy issues of their protection in information systems 544
Kerimov K. F., Azizova Z. I. Personal data protection in information systems by de-identification and properties of de-identified data 549
Аверьянов В. С., Карцан И. Н. Запрещенный контент социокиберфизических систем: методы нейросетевой обработки информации 554
Аленин А. Л., Мокшин В. В. Методы обучения классификатора на основе звуков кашля для выявления заболевания вирусом COVID-19 560
Бочарова А. И., Будников С. А. Использование EVE-NG в исследовательской деятельности обеспечения безопасности информации 567
Горбачев А. А. Определение оптимальных параметров проактивной защиты сервиса электронной почты от сетевой разведки 573
Даренских В. О., Дорофеев А. А., Тодояков Я. С., Соколов М. В. Способ повышения эффективности обфускации компьютерного кода при деструктивном воздействии на основе синтеза программ 581

Ефимов В. С. Перспективы развития ИТ-решений в сфере ИБ для организаций малого и среднего бизнеса 586
Игнатьева С. А., Богуш Р. П. Состав и особенности нового набора данных для решения задачи повторной идентификации человека в системах видеонаблюдения 592
Каплин М. А. Методика изменения структур информационной системы в условиях воздействия сетевой разведки 600
Каплин М. А. Поиск новых технических решений по маскированию структуры информационных систем на основе реконфигурирования их сетевых параметров 609
Касьянов В. Н., Меркулов А. М., Золотухин Т. А. Циркулярная укладка атрибутированного иерархического графа с портами 615
Кирсанов Э. А., Гранкин Д. А. Разработка программы исследования вероятностных характеристик обнаружителей гармонического сигнала при различной степени априорной неопределенности с использованием библиотеки boost 625
Коновалов К. А., Балакирев Н. Е. Модель динамической системы обеспечения комплексной защиты информации при передаче голосовых сообщений 633
Копылов В. А. Система обнаружения несанкционированных воздействий на систему доменных имен 638
Копылов В. А. Способ защиты информационных систем от атак с использованием DNS-кэша клиента 647
Крыжановский В. Д. Модуль системы специалистов СМЭ, предназначенный для определения давности появления кровоподтёков 654
Купряшкин И. Ф., Мазин А. С. Визуализация шаблонов максимальной активации фильтров сверточной нейронной сети в задаче классификации радиолокационных изображений с различным разрешением 658
Кураев А. В., Паринов П. А., Сирота А. А. Модель влияния субъекта социальной сети 664
Куюков Р. М., Мокшин В. В. Анализ и прогнозирование риска сердечных заболеваний на основе медицинских данных 670
Митрофанова Е. Ю. Поиск объектов на изображениях с использованием TensorFlow Object Detection 680
Москвин А. А. Технологии многопоточной передачи данных в информационных системах 688

Отырба Р. Р., Сирота А. А., Дрюченко М. А. Использование методов глубокого обучения для анализа изображений аэрокосмического мониторинга в интересах обнаружения элементов новизны на местности 697
Пилипенко С. М., Лютин В. И. Обработка больших данных при распознавании объектов по их акустическому сигналу..... 705
Пилькевич П. В., Луцышен В. И. Обнаружение брутфорс-атак в протоколе удалённого доступа SSH методами анализа сетевого трафика 714
Платов Н. Е. Модель подбора состава экспертной комиссии для аудита информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры 719
Скачкова Е. А., Мокшин В. В. Исследование методов машинного обучения при организации работ по добыче и обслуживанию нефтяных скважин 725
Соболев В. В. Автоматическое улучшение геометрии, полученной методом фотограмметрии 735
Султанова А. И., Мокшин В. В. Использование нейронной сети YOLOv3 для распознавания нарушений техники безопасности..... 741
Тен А. М., Барков И. А. AIC Интеллектуальная система беспилотного транспортного средства 749
Торгашов К. В., Алямкин А. В., Кожевников М. А., Васильев Г. В. Подход к оцениванию устойчивости процесса функционирования Веб-браузеров с использованием серверов..... 758
Фертиков В. В. Нормализация фотографий физических лиц в информационной системе 765
Хворов Р. А. Методологические основы концепции адаптивного управления защищенностью информационных ресурсов автоматизированных систем специального назначения от вирусных атак..... 772
Черных Е. М., Михелев В. М. Метод классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови 777
Чертилина А. А. Использование методов машинного обучения в медицине..... 787
Шамсиев Э. Х., Мокшин В. В. Сравнение методов голосовой идентификации человека 794
Шарая К. С., Девицына С. Н. Анализ методов формирования и проверки штрих-кодов..... 804

Секция 4. Информационные системы и базы данных

Cheng Liang, Money Laundering Detection based on Neo4j 813
Cheng Liang, Vlasov S. V. Microservice implementation of the fraud detection ring 820
Катасонова Г. Р., Шкрум А. С. Формирование базы данных обучающихся ВУЗа, как инструмента образовательного маркетинга .. 827
Рубцов Е. А. Структура чисел 833
Ундозерова А. Н. Разработка учебного проекта системы информационной поддержки эксплуатации автоматизированных систем специального назначения 843
Хуснутдинов Д. Р., Смирнова Е. О., Мокшин В. В. Использование методов машинного обучения для повышения эффективности эксплуатации технологических трубопроводов..... 851
Чашин Ю. Г., Азизова Д. Г., Бабенко А. А. Разработка эффективного алгоритма безопасности для программно-конфигурируемой сети 863
Ядгаров Т. Г., Али А. Х. О некоторой технология создания информационной базы данных в среде yii framework..... 867

Секция 5. Прикладное моделирование и E-business

Анфёров М. А. Динамическая кластеризация в поддержке принятия решений при управлении социально-экономическим развитием регионов 872
Анфёров М. А. Формализация поиска структурных решений в САПР ТП 881
Артемьев Е. А., Мокшин В. В. Прогнозирование продаж в ритейле на основе методов машинного обучения 887
Белоусов С. С. Математическая модель оценки влияния функционального состояния системы связи на непрерывность управления авиационным формированием..... 896
Зацаринный А. А. Некоторые значимые тренды в развитии цифровой трансформации 903
Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. Некоторые аспекты оценки эффективности и качества информационных систем 913
Зацаринный А. А., Сучков А. П. Концептуальные подходы к обеспечению межведомственного информационного взаимодействия 923

Илларионов И. В., Антоненко И. И. Разработка автоматизированной цепочки обработки документов сбыта в SAP R/3 930
Илларионов И. В., Васильев В. А. Автоматизация процесса проведения технического аудита закупаемых материально-технических ресурсов в SAP ERP 940
Илларионов И. В., Квасова М. Д. Миграция учета остатков предприятия розничной торговли с монолитной архитектуры на микросервисы 948
Каладзе В. А., Работкин В. А. Маломерная статистическая выборка 958
Киселев В. Г. Стабилизация доходов фермерского хозяйства 965
Козлов С. В. Процессные аспекты создания интегрированных систем управления в составе перспективных организационных форм на основе информационных, управляющих и телекоммуникационных систем 972
Коновалов О. А., Забавников В. Н., Никитин В. С., Чернышов А. П. Модели разрушения структур сетевых моделей 982
Копытина Е. А., Десятириков Ф. А., Копытин А. В. Разработка веб-сервиса для формирования горячего коммерческого предложения ООО «ЧерноземАгромаш» 990
Копытина Е. А., Копытин А. В. Разработка приложения для идентификации параметров пространственно-распределенных динамических систем с использованием комбинированных методов 997
Копытина Е. А., Копытин А. В., Матвеев М. Г. Идентификация параметров распределенной динамической системы, описываемой одномерным уравнением диффузии-адвекции-реакции, с применением расширенного фильтра Калмана 1005
Кульба В. В., Меденников В. И., Умывакин В. М. Влияние пандемии на формирование единого информационного интернет-пространства научно-образовательных ресурсов страны 1013
Меденников В. И., Флеров Ю. А. Востребованность аграрных научных ресурсов в период пандемии 1023
Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Дудко О. Ю. Модель когнитивного единства, противоположности с суперпозиции интересов экономических акторов 1030
Миниахметов Э. Ф., Мокшин В. В. Анализ маркетинговой базы данных на основе методов машинного обучения 1038
Попова И. В. Реализация внедрения программ роботов для автоматизации процессов в IT-подразделении 1046

Рузикулов А. Р., Ахмедов Ш. А. Вопросы разработки программно-алгоритмических средств проверки работоспособности усилителей рулевого управления хлопкоуборочных машин..... 458
Сердинская Ю. А., Мокшин В. В. Использование методов машинного обучения для оценки прогнозирования продаж товара... 1062
Сытов А. Н., Вахранев А. В., Ерешко Ф. И. Исследование группы цифровых двойников предприятий..... 1069
Таратунин А. И. Влияние роста рынка невзаимозаменяемых токенов – NFT на курс связанных с ними криптовалют..... 1079
Терехова А. А., Аль Амиди М. А. Д., Сенан А. Ш. Н., Дмитриевский Б. С. Моделирование процессов сбыта готовой продукции..... 1084
Шмелев М. А., Матвеев М. Г. Изучение поведения покупателей с помощью матриц парных сравнений..... 1091

Секция 6. Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Андрюкеева А. А. Разработка алгоритма анализа технической документации..... 1103
Белоусова Е. Е. Тенденции развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений..... 1108
Гриф М. Г., Королькова О. О. Использование толковых словарей при сопровождении учебных видеоматериалов русским жестовым языком..... 1114
Жолобов И. Ф. Объектно-ориентированный анализ тональности (твитов о банках и операторах сотовой связи)..... 1121
Клименко Ю. А., Львович Я. Е., Преображенский А. П. Интеллектуализация управления в энергетических системах..... 1131
Косимов А. А. О применимости γ-классификатора к распознаванию однородности текстов на славянских языках..... 1136
Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Касымова Н. А. О предельном размере словаря и фрактальной размерности метакниги М.Е. Салтыкова-Щедрина..... 1146
Лаптев М. В. Анализ методов машинного обучения на примере задачи многоклассовой классификации текста..... 1155
Масленникова С. С., Коротков В. В. Применение BERT для классификации сообщений в службу поддержки SAP..... 1164
Мохнаткин С. В. Перенос авторского стиля текста на основе модифицированного tf-idf взвешивания слов..... 1171

Оверчук Н. В. Разработка новой функциональности для информационной системы поиска людей по интересам 1180
Перминов Н. К. Интерпретация результатов машинного обучения для задачи регрессии..... 1185
Прокопенко Н. Ю. Разработка системы поддержки принятия решений для прогнозирования оттока клиентов на базе АП Loginom1197
Рыкунов А. Н., Полицына Е. В., Полицын С. А., Поречный А. С. Исследование инструментов морфологического анализа текстов на русском языке для повышения точности алгоритмов обработки в библиотеке JMorfSdk 1204
Сычев А. В. Формирование иерархии тематических рубрик на основе кластеризации терминов для коллекции текстовых сообщений..... 1213
Тен А. М., Мокшин В. В. Анализ демографии, а также демографического кризиса Российской Федерации с помощью методов анализа данных и машинного обучения 1219

Секция 7. САПР и цифровые технологии

Ведерникова Е. А., Зиновкина Д. А., Сокольников В. В. Архитектура интеллектуальной системы по контролю инструмента в бережливом производстве..... 1226
Зиновкина Д. А., Ведерникова Е. А., Собенина О. В. Анализ методик бережливого производства..... 1230
Зиновкина Д. А., Ведерникова Е. А., Сокольников В. В. Контроль сдаваемого инструмента в рамках методологии бережливого производства 1234
Кычкин И. М., Минигалиев А. А., Мокшин В. В. Моделирование производственных процессов изготовления деталей в среде Anylogic 1239
Никулин С. А., Кармнов В. Н., Щербаков А. А. Визуализация вербализированного решения командира..... 1247
Паринов М. В., Костин К. В., Чернышов Н. А., Шуваев П. В. Проектирование модульной структуры нижнего уровня информационной системы учета готовой продукции 1254
Паринов М. В., Костин К. В., Чернышов Н. А., Шуваев П. В. Проектирование типовых операционных последовательностей нижнего уровня информационной системы учета продукции 1264
Селютин В. В., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н. Интеллектуальные информационные системы в учебном процессе ВУЗа..... 1272

Халтурсунов Э. Б. Решение задач оптимизации размещения сети учреждений и объектов обслуживания методом случайного поиска 1277
Цымбал Д. В., Юров А. Н., Степаненко С. А. Анализ геометрических ядер 1284

ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ

Секция 1. Методика преподавания информатики

Гаркавенко Г. В. Применение математических знаний при написании программ 1294
Князев М. Н. Феминизация современного образования и её воздействие на академическую успеваемость школьников по информатике 1302
Кулаков Ю. В. Разработка рекурсивного алгоритма решения олимпиадной задачи по информатике на переливания 1309
Лаптева Т. М. Групповая работа по созданию виртуальной экскурсии в онлайн сервисе Google Earth 1319
Ускова О. Ф., Каплиева Н. А., Шашкин А. И., Усков Д. Г., Сырых А. С. Олимпиада по информатике и программированию первокурсников воронежских вузов в рамках года науки и технологий 1324
Черногорская Н. Н. Методические рекомендации к лабораторной работе «Манипуляция данными в среде MS SQL Server 2018» 1331

Секция 2. Проектная технология обучения на основе ИКТ

Беловолова Е. Е. Компьютерный коллаж как средство развития творческих способностей и познавательного интереса учащихся 1339
Копытина Е. А., Гладкова Л. А., Семенов М. Е., Образцова М. Н., Гоглева Е. Б., Соколова С. К., Логиновская Ю. В. Проектная деятельность в дополнительном образовании на примере практик российских ВУЗов 1342
Роговая В. А. Экологическое просвещение при помощи цифровых лабораторий 1356
Старикова М. Е. Технология проектного обучения как средство формирования универсальных учебных действий на уроках информатики 1361

Степаненко О. В. Особенности организации проектной деятельности обучающихся по освоению современных компетенций чемпионата ЮниорПрофи (JuniorSkills) в пришкольном лагере «ОПЫТ» 1364
Щербинина Н. Л., Щербинина И. В. Проектная технология обучения гимнастике на основе ИКТ 1372

Секция 3. Компьютерное моделирование в образовании

Абрамян Г. В. Проблемы моделирования и реализации концепции цифровой инфраструктуры интеллектуальной системы персонализации и кодификации IoT-образования на основе интернета вещей 1383
Дежин В. В. О лабораторной работе по моделированию частотной зависимости внутреннего трения при колебаниях дислокационного сегмента 1392
Измайлова А. М. Геоинформационное моделирование или новые компетенции учителя географии 1399
Коннов Н. Н., Пчелинцев А. И., Федулов В. Д., Бычков А. С. Учебный кроссплатформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ 1403

Секция 4. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии

Абрамян Г. В. Риски, проблемы и потенциальные угрозы цифровизации и персонализации образования в условиях цифровой экономики 1413
Аксёнова Ю. В. Использование сервиса «Яндекс.Учебник» в образовательном процессе 1423
Асланова Г. Н., Сеферова З. А. Преимущества и недостатки дистанционного обучения 1426
Борисова А. А., Бабаева А. В. Эффективные инструменты дистанционного обучения в электронной образовательной среде Moodle 1432
Валуйская О. А. Среда Microsoft Office для создания дидактических материалов по физике при введении ограничительных мер во время пандемии Covid 1437
Гречишникова Н. А. Организация образовательного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 1441

Ивлев А. Н., Терновская О. В., Терновская Е. Ю., Павлов А. В. Особенности обеспечения заданиями студентов при реализации образовательных технологий с использованием SMART системы графического образования 1446
Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., Кламбоцкий К. А. Методы отладки функциональных программ 1451
Кожуренко Н. В. Название Особенности использования системы электронного обучения Moodle в образовательном процессе 1461
Копалиани Л. Н. Название Использование платформы «СберКласс» как эффективный инструмент повышения качества образования 1465
Копытина Е. А., Лавлинский С. А. Применение цифровых инструментов в преподавании гуманитарных дисциплин на примере курса «История (история России, всеобщая история)» 1470
Кузьмина О. Е. Психологическое сопровождение участников образовательного процесса через цифровую образовательную платформу «Дневник.ру» 1476
Ларичева Т. В., Цветкова И. Н., Малько Г. В., Григорьева Е. В. Формирование адаптивного контента электронного учебного курса на основе анализа образовательных данных 1479
Лютина Т. В. Изучение принципов построения и анализ звуковых рядов 1485
Моисеева Н. А. Технологические аспекты создания цифровых учебных материалов для поколения Z 1491
Молева Н. А., Молев А. А. Распределенная система группового тестирования и оценки знаний 1496
Никулин С. А., Кармнов В. Н., Безруков И. В., Никулин С. С. Повышение эффективности самостоятельной работы при организации учебной деятельности курсантов 1503
Рыбас В. И. Цифровая образовательная среда МБОУ лицей №4 г. Россоши 1510
Сурина Л. И., Разуваева С. В. Сервисы web 2.0 для организации дистанционного обучения 1520
Хуторная М. Л. Социальная фрустрированность студентов-первокурсников в условиях дистанционного образования 1525
Чернышова Н. В. Инфографика как способ визуализации учебной информации на уроках химии 1532

Секция 5. Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Грищенко А. В., Беркетова А. О. Использование технических средств и программного обеспечения в постановке демонстрационного эксперимента по физике 1537
Кенин С. Л., Сафронов В. В. Реализация актуальных дополнительных образовательных программ – корпоративные тренинг-центры 1546

Секция 6. Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Батан С. Н., Денисенко М. А. О проблемах подготовки IT-специалистов 1556
Бистерфельд О. А., Романов Н. Е., Костин В. А. Изучение современных технологий программирования при создании компьютерной игры в среде Scratch 1561
Рябова Л. А. ИКТ компетентность современного педагога 1566

Научное издание

Информатика: проблемы, методы, технологии

Материалы
XXII Международной научно-практической
конференции им. Э. К. Алгазинова

Воронеж,
10-12 февраля 2022 г.

Под редакцией Д. Н. Борисова

Издано в авторской редакции

Подписано к использованию 27.04.22.
Тираж 500 экз. Заказ 221.

ООО «Вэлборн»
394068, г. Воронеж, Московский пр-т, 98
Тел. +7 (930) 4035-418
http://wellborn@scirep.ru, e-mail: wellborn@scirep.ru